



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**ANÁLISIS ECONÓMICO DEL CONSUMO ENERGÉTICO DE UN VEHÍCULO
HÍBRIDO AL MOVILIZARSE DENTRO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE
QUITO**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Automotriz

AUTORES: IVAN ALEXANDER CALISPA PROCEL

STALIN ANTONIO GARCÍA SUÁREZ

TUTOR: JUAN PABLO TAMAYO BENAVIDES

Quito - Ecuador

2022

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Ivan Alexander Calispa Procel con documento de identificación N° 1721190518 y Stalin Antonio García Suarez con documento de identificación N° 1724572126 manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 20 de septiembre del año 2022

Atentamente,



Ivan Alexander Calispa Procel

1721190518



Stalin Antonio García Suárez

1724572126

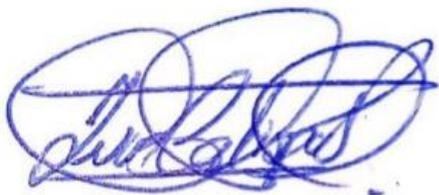
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Ivan Alexander Calispa Procel con documento de identificación No. 1721190518 y Stalin Antonio García Suarez con documento de identificación No. 1724572126, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy somos autores del Artículo Académico: "Análisis económico del consumo energético de un vehículo híbrido al movilizarse dentro del Distrito Metropolitano de Quito", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieros Automotrices, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 20 de septiembre del año 2022

Atentamente,



Ivan Alexander Calispa Procel

1721190518



Stalin Antonio García Suárez

1724572126

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Juan Pablo Tamayo Benavides con documento de identificación N° 1714824156, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ANÁLISIS ECONÓMICO DEL CONSUMO ENERGÉTICO DE UN VEHÍCULO HÍBRIDO AL MOVILIZARSE DENTRO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO, realizado por Ivan Alexander Calispa Procel con documento de identificación N° 1721190518 y por Stalin Antonio García Suarez con documento de identificación N° 1724572126, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción: Artículo Académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 20 de septiembre del año 2022

Atentamente,

A handwritten signature in black ink, reading "Juan Pablo Tamayo Benavides" with a stylized flourish at the end. The signature is written on a light gray rectangular background.

Ing. Juan Pablo Tamayo Benavides, MSc.

1714824156

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto a mis Padres , por su amor , trabajo, y sacrificio en todos estos años , gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy ahora , ha sido un orgullo y privilegio ser su hijo , a mis hermanos por estar siempre presentes , acompañándome y por su apoyo moral que me han brindado a lo largo de esta etapa de mi vida , a todas esas personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Ivan Alexander Calispa Procel

Dedico el presente proyecto a mis padres que han influenciado en mi vida, dándome la mejor educación y la humildad que ellos me impartieron, guiándome y haciéndome una persona honorable, con todo mi afecto y admiración los quiero mucho que este logro es también de ustedes.

Stalin Antonio García Suárez

AGRADECIMIENTO

Agradezco a nuestros docentes de la Universidad Politécnica Salesiana, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de nuestra profesión, en especial a los Ingenieros Juan Pablo Tamayo, tutor de nuestro artículo de investigación quien nos ha guiado con sus conocimientos y experiencia, de igual manera a los ingenieros, Carlos Carranco y Ángel Paucar, por su paciencia, conocimiento y rectitud como docentes.

Análisis económico del consumo energético de un vehículo híbrido al moverse dentro del Distrito Metropolitano de Quito

Economic analysis of the energy consumption of a hybrid vehicle operating in the Metropolitan District of Quito

Iván Alexander Calispa Procel, Stalin Antonio García Suárez

Resumen

En la actualidad el campo automotor ha logrado un avance significativo con respecto a emisiones de gases nocivos para el medio ambiente, al igual que la reducción de consumo de combustible fósil. La presente investigación hace énfasis en el consumo energético de un vehículo híbrido (Corolla 2020 HV 1.8 SEG eCVT), en las distintas maneras de conducción y a si mismo conocer los beneficios que este tipo de vehículos aporta para la economía del usuario. Los vehículos híbridos al poseer dos sistemas de accionamiento; un motor de combustión interna y un motor eléctrico son considerados de movilidad sostenible. Entre 2020 y 2021 se registra un crecimiento en venta de vehículos híbridos en el Ecuador del 263% [1], esto se debe a tres factores principales: preocupación por el medio ambiente, cambios a la normativa y sobre todo ahorro de dinero. Esta tecnología ha permitido conseguir que el consumo de combustible sea de un 20% hasta un 60% menor que en vehículos comparables de tipo convencional [2].

Palabras clave: vehículos híbridos, consumo energético, rendimiento de combustible, fuentes móviles, S-HEV (Híbrido en Serie), P-HEV (Híbrido en Paralelo), SP-HEV (Híbrido en Serie-Paralelo).

Abstract

Currently, the automotive field has made significant progress in terms of emissions of gases that are harmful to the environment, as well as in reducing the consumption of fossil fuels. This research emphasizes the energy consumption of a hybrid vehicle (Corolla 2020 HV 1.8 SEG eCVT), in the different ways of driving and knowing the benefits that this type of vehicle provides for the user's economy. Hybrid vehicles with two propulsion systems; an internal combustion engine and an electric motor is considered sustainable mobility. Between 2020 and 2021 there is a growth in the sale of hybrid vehicles in Ecuador of 263% [1], this is due to three main factors: concern for the environment, changes in regulations and, above all, saving money. This technology has allowed fuel consumption to be between 20% and 60% lower than in comparable conventional vehicles [2].

Keywords: hybrid vehicles, energy consumption, fuel efficiency, mobile source, S-HEV (Serial Hybrid), P-HEV (Parallel Hybrid), SP-HEV (Serial-Parallel Hybri

1. Introducción

En el Ecuador los vehículos más comercializados son aquellos que funcionan con un motor de combustión interna, sin embargo, estos vehículos tienen un impacto desfavorable para el medio ambiente por las emisiones de CO₂, CO, NO_x que producen, además de ello el mantenimiento y el costo operativo de estos vehículos se ha tornado muy alto para los usuarios debido al incremento de los combustibles en los últimos años [2]. Es por eso por lo que se ha buscado cambios significativos que involucren la migración a movibilidades alternativas como es el caso de los vehículos híbridos, de los cuales en el Ecuador ha tenido un aumento favorable desde el 2016 hasta el 2019 según estadísticas realizada [3].

1.1. Vehículos Híbridos

Un vehículo híbrido es aquel cuya energía que lo impulsa un generador accionado por un motor de combustión interna que mueve las baterías en serie ya que las baterías almacenan electricidad [4]. El motor de combustión interna funciona de la manera más eficiente cuando está en marcha. Si se necesita más potencia, el motor eléctrico se activa como generador y permite cargar las baterías [4]. Algunas bicicletas eléctricas usan la energía de las baterías y los motores juntos. En otros, solo funciona el motor eléctrico, aprovechando la energía almacenada en las baterías. También es posible recuperar potencial al frenar, cambiándola de nuevo en electricidad. Utilizar un motor de combustión que funcione con la máxima eficiencia posible junto con la recuperación de energía cuando se utilizan los frenos hace que estos vehículos tengan un mejor rendimiento que los automóviles con solo un motor de combustión [5].

1.2. Configuración de los Vehículos Híbridos

Entre las varias configuraciones de los vehículos híbridos para mejorar su eficiencia tenemos:

Híbrido en Serie (S-HEV).

En esta configuración el motor de combustión trabaja en una forma constante permitiendo que

las baterías estén listas para alimentar el motor eléctrico. El motor eléctrico de un autobús eléctrico produce una potencia mínima, por lo que se utilizan en autobuses más pequeños y vehículos urbanos.

Debido a que no hay fluctuación de ritmo como en un motor de combustión, el motor eléctrico puede operar con alta eficiencia, lo que lo convierte en una buena opción para las ciudades [5].

En la Figura 1, se observa la configuración del S-HEV, en el cual motor de combustión trabaja en una forma constante permitiendo que las baterías estén listas para alimentar el motor eléctrico.

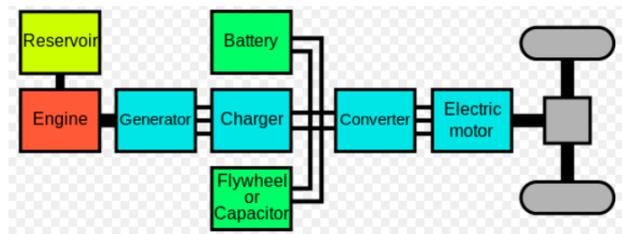


Figura 1: Configuración S-HEV. [6]

Híbridos en Paralelo(P-HEV)

Algunos automóviles, llamados semihíbridos, tienen un motor de combustión y uno o más motores eléctricos alimentados por una batería separada o fuente de alimentación eléctrica. En la Figura 2, se puede apreciar la Configuración P-HEV que tiene una transmisión, que recibe potencia de ambos motores [6].

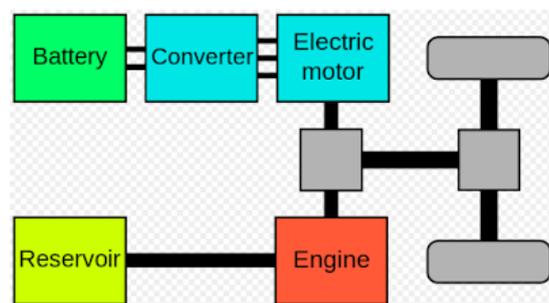


Figura 2: Configuración P-HEV [6].

Híbrido Serie-Paralelo (SP-HEV).

El vehículo puede moverse por cualquiera de sus motores porque ambos tienen acceso directo a las ruedas, y también puede girar en modo eléctrico cuando es más efectivo [6].

En la Figura 3, se observa la Configuración SP-HEV, la energía generada al frenar o reducir la velocidad, y se reduce el consumo de combustible de los automóviles [7].

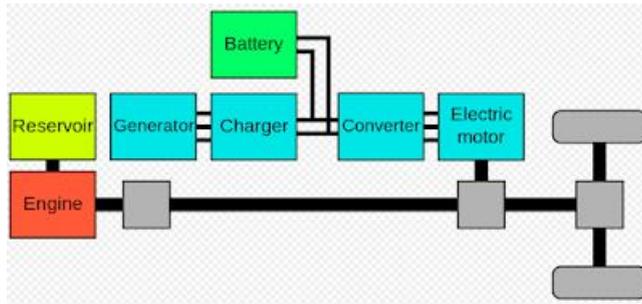


Figura 3: Configuración SP-HEV [6].

1.3. Modos de Manejo de los Vehículos Híbridos

Los vehículos híbridos tienen distintas formas de manejo con el propósito de dar un mejor confort y aprovechar su eficiencia y potencia. A continuación, detallaremos cómo funcionan cada uno de ellos.

Modo Normal: El vehículo tiene una combinación de motor de combustión interna y motor eléctrico en Modo Normal. El sistema elige en todo momento la combinación más eficiente, en función de la potencia que solicitamos con el pedal del acelerador [8].

Modo EV: En calles donde hay mucho tráfico y no son necesarias altas velocidades, el motor eléctrico recorre todo el recorrido, aprovechando la energía y acumular en las baterías a lo largo del recorrido que ha realizado el vehículo. Este modo es excelente para las ciudades porque puede generar ahorros significativos de combustible y reducir las emisiones al aire [5].

Modo Eco: El vehículo tendrá cierta autonomía al seguir las instrucciones del conductor, con el fin de ahorrar costes. El comportamiento del vehículo será mucho más paulatino y progresivo, haciendo que las aceleraciones sean más suaves [9].

Modo Sport: Utilice el sistema de frenado automático únicamente en carreteras anchas y despejadas.

Proporciona una dirección más directa y mayor seguridad cuando el sistema está activado, lo que es mejor para carreteras de alta velocidad [10].

En la Figura 4, se puede apreciar los diferentes modos de condición que ayuda a facilitar un mayor estimo de manejo y el comportamiento del vehículo



Figura 4: Modos de Manejo de un Híbrido.

Fuente: Autor

1.4. Baterías y su Impacto

Uno de los componentes más significativos del vehículo híbrido es la batería. Esta batería es la encargada de almacenar la energía para luego entregar al motor eléctrico, provee un voltaje que va entre los 200 y 340 voltios por lo cual es considerada de alta tensión, así mismo es una gran desventaja para el vehículo por su tamaño, peso, costo de mantenimiento lo cual ha causado una baja autonomía de los vehículos híbridos. A pesar de que las baterías modernas son fabricadas de ion de litio y pueden ser de polímero o alcalinas, aún siguen existiendo varios problemas como la temperatura, costo, ciclos de carga y descarga, impacto ambiental y vida útil por lo que se asemejan a costos que implementan vehículos de alta gama [5].

1.5. Freno Regenerativo

Con el frenado regenerativo, se puede aprovechar la energía, al momento que el conductor presiona el pedal, el motor eléctrico entra en modo marcha atrás para ralentizar las ruedas. Al mismo tiempo, mientras funciona al revés, el motor actúa como generador eléctrico que produce electricidad y alimenta la batería [11]. En la figura 5, el freno regenerativo ayuda a transformar la energía cinética que posee el vehículo en energía eléctrica.

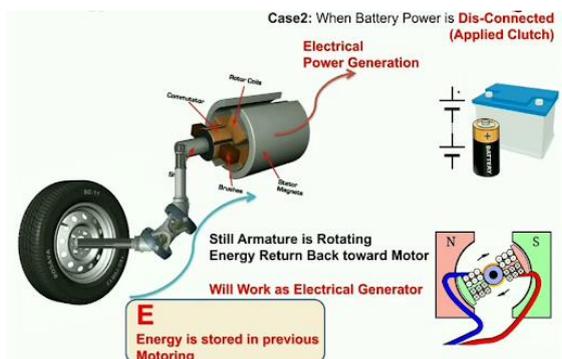


Figura 5: Funcionamiento del Freno Regenerativo [11].

1.6. Consumo de Combustible

Sin duda alguna en los últimos años el vehículo híbrido ha tenido gran acogida en el mundo entero y la mayor parte de su éxito lo debe a su menor consumo de combustible. Gracias a su combinación de un motor de combustión y un motor eléctrico tanto el consumo como la eficiencia tienen una gran ventaja en comparación a un vehículo tradicional.

Los híbridos enchufables pueden recorrer una pequeña distancia sin combustible en el tanque, pero no es algo de lo que se sientan orgullosos. En el mejor de los casos, el vehículo podría recorrer tramos completamente con energía eléctrica, sin usar combustible ni producir emisiones [12].

2. Marco Conceptual

2.1. Combustibles en Ecuador

En el Ecuador el precio de la gasolina tiene un cambio variable en cuanto a gasolina súper se refiere, esto se debe al cambio internacional del petróleo, por otro lado, el precio de la gasolina

extra y Eco país se mantienen sin modificar debido a que el presidente Guillermo Lasso congeló los precios el 23 de octubre del 2021 [13].

Un uso grande de combustible en el país ha generado un aumento a gran escala debido al bajo precio de la gasolina. Esto, proporciona un aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero [5].

Las nuevas gasolinas, han ayudado a la disminución de los gases emitidos por el motor de combustión ya que los índices de azufre emitido por los combustibles afectan al medio ambiente [4]. Esta medida contribuyó a eliminar los agentes contaminantes como: plomo, azufre y el aditivo tetraetilo de plomo (TEP); que son perjudiciales para el medio ambiente y la salud [2].

2.2. Consumo de Combustible y Emisiones de los Vehículos Híbridos

La gente cree que, al usar estos vehículos de combustible alternativo, se usa menos combustible y se generan menos emisiones que un automóvil normal. Típicamente, un coche híbrido suele consumir menos CO₂ y produce menos dióxido de carbono que una versión normal del mismo modelo de coche [14].

En la Tabla 1 se muestra datos de la autonomía del vehículo Toyota Corolla en sus diferentes modalidades, obteniendo valores de consumo de combustible en ruta y en zona urbana.

Tabla 1: Consumo Autonomía del Toyota Corola.

Consumo(L/100km)	Autonomía (km)
100km/h	5.7/631
130km/h	9.7/371
Ciclo urbano	5.1/705
Promedio	6.4/563

Fuente: [15]

2.3. Comparación entre Vehículos comunes y un HEV

En comparación con otros vehículos con motor de combustión, motor térmico, los HEVs ahorran combustible y reducen las emisiones de CO₂. Este es un hecho que necesita evidencia de apoyo y referencias de literatura científica. Se comprobó comparando un HEVs paralelo y un vehículo típico en pruebas de conducción estándar y pruebas de conducción de la vida real [14].

En la Tabla 2 se puede observar las diferentes prestaciones que posee un vehículo convencional y un híbrido que posee similares características.

Tabla 2: Comparación entre un Vehículo Convencional y un HEV.

Conceptos	Vehículo convencional	Vehículo híbrido
Tipo de motor	Si	Si
Potencia en frío KW	110	110
Potencia del generador KW	-	50
Combustible del Generador KW	-	25
Relación de Accionamiento	2563	2563
Masa del Vehículo Kg	1126	1161
Fricción de los Neumáticos (u)	0.008	0.008

Fuente: [16]

En el ciclo de conducción real, el tramo de conducción en ciudad ahorra hasta un 68% en combustible. La gran cantidad de frenos utilizados en este tramo del ciclismo hace que el coche consuma menos combustible, el vehículo eléctrico híbrido obtiene un mejor kilometraje que un automóvil tradicional y puede apagar el motor térmico más del 25% del tiempo cuando está parado. En la carretera, el HEV no puede utilizar estas situaciones, lo que hace que la economía de combustible sea mucho menor. Las emisiones de CO₂ también descienden en correlación con el ahorro de combustible [14].

2.4. Ecuador y los Vehículos Híbridos

La venta de vehículos híbridos obtuvo un crecimiento desde el 2010 hasta el 2017 siendo sus mejores puntos de ventas, sin embargo, en el año de la emergencia sanitaria tuvo un declive debido a la situación económica que atravesó todo el país. En el presente año se espera una mejora de prestaciones en lo que es el parque automotor y aumenten el número de ventas dentro del país. Se espera que los vehículos híbridos y eléctricos sean el futuro del parque automotor ecuatoriano [5].

2.5. Toyota Corolla Híbrido

Este vehículo híbrido fabricado por Toyota tiene una ventaja de consumo reducido de combustible, en ciudad se beneficia con la recarga del freno regenerativo, dando un mayor uso al motor eléctrico y evitando el uso de combustible excesivo. Sin embargo, en ruta tiene un promedio de 5.7 a 100km/h, el tanque de combustible de 43 litros de la ciudad puede recorrer 705 kilómetros y 631 a una velocidad constante. A pesar de su buen historial de gastos, este es un punto negativo de la bicicleta [15].

En la figura 6, se observa las características del vehículo Toyota Corolla 1.8 SEG eCTV



Figura 6: Toyota Corolla 1.8 [8].

3. Metodología

En la presente investigación se tiene como estrategia una prueba de ruta de manejo en la ciudad de Quito para evaluar el consumo energético y de combustible del vehículo Toyota Corolla.

3.1. Diseño Metodológico

Por medio de este método experimental, se ha determinado variables de estudio, la primera consiste en el consumo de combustible y la segunda está especificada por la carga eléctrica, por lo cual se elaborará una estrategia de conducción normal del vehículo, mientras que la conducción en hora pico, consiste en conducir en condiciones determinadas durante el plan de ruta ya establecido para el conductor. objetivo de la investigación es determinar el costo energético del consumo eléctrico y combustible de un vehículo híbrido para movilizarse dentro el Distrito Metropolitano de Quito.

Para el estudio se utilizó como muestra un vehículo híbrido Toyota Corolla HV 1.8 seg ecvt. Con un motor de gasolina 1.8 Atkinson (98 hp) que conforma el 1.8 naftero Atkinson (98 CV) sumado a un nuevo motor eléctrico de 72 hp que rinden 122 hp en conjunto, con una caja de cambios sin levas

eCVT de variación continua cumpliendo de manera notable el canje de marchas haciéndolas casi imperceptibles [18].

Mediante la combinación de sus dos motores se obtiene a un promedio de aceleración de 0-100 Km/h en 12.1, segundos, 18.3 segundos para el cuarto de milla y 34 rondas para completar un kilómetro [16].

3.2. Equipos y Herramientas

Para el proceso de recopilación de datos e información se utilizaron distintos equipos y herramientas que sean compatibles con el vehículo.

3.2.1. Vehículo de Pruebas

En la Tabla 3 se puede observar las características de un vehículo híbrido Toyota Corolla.



Figura 7: Toyota Corolla. [8]

Tabla 3: Comparación entre un Vehículo Convencional y un HEV.

Motor		
Modelo	Fuerza Dinámica- M20A- FKS	2ZR-FXE HEV
Cilindrada (cc)	1.987	1.798
Tipo	4 cilindros en línea, naftero	
Distribución	16 válvulas, DOHC con cadena de distribución y sistema Dual VVT-i (VVT-iE de admisión y VVT-i de escape)	16 válvulas, DOHC con cadena de distribución y sistema VVT-i
Alimentación	Sistema de inyección mixta D4-S (directa e indirecta)	Sistema de inyección electrónica multipunto
Diámetro y carrera de pistón (mm)	80,5 x 97,6	80,5 x 88,3
Relación de compresión	13.0:1	
Potencia máxima (Cv (Kw) / rpm)	170 (125) / 6.600	98 (72) / 5.200
Torque máximo (Nm / rpm)	200 / 4.400-4.800	142 / 3.600
Sistema híbrido auto recargable		
Potencia máxima combinada (CV (Kw) / rpm)	122 (90) / 5.200	
Motor eléctrico		
Modelo	1 NM	
Potencia máxima (CV (Kw))	72 (53)	
Voltaje (V)	600	
Batería		
Tipo	Níquel Metal hidruro (Ni-HM)	
Voltaje (V)	201,6	
Capacidad (Ah)	6,5	

Fuente [18].

En la Tabla 4 se puede observar los Datos de la batería híbrida.

Tabla 4: Datos batería hibrida

Tipo	Níquel Metal hidruro (Ni-HM)
Tensión	7.2 V/modulo
Capacidad	6.5Ah
Descarga	6V
Cantidad de módulos	28
Tensión total	201.6 V
Corriente de carga	1.34 A a 3.25A
Corriente máxima de Carga	6.5A
Resistencia interna	2.21Ω

Fuente: [18]

3.2.2. Tablero de Instrumentos

El tablero incluye varias características, incluido el velocímetro, el indicador de combustible, la duración de la batería, el modo de conducción y más [5]. en la figura 8, se observa el tablero de instrumentos de vehículo Toyota Corolla, donde se encuentra los comandos de multimedia con sus respectivas características.



Figura 8: Tablero de Instrumentos Toyota Corolla [18].

Con la información recolectada analizo los datos necesarios para realizar el estudio de consumo energético y de combustible.

3.2.3. Scanner Automotriz

El scanner automotriz es una herramienta que permite leer y procesar y dar lectura al protocolo OBD2 que existe en los diferentes vehículos, de esta manera muestra que sistemas o módulos posee de los cuales se obtienen valores y resultados con los cuales podemos procesar para obtener resultados del estado del vehículo.

Si hay un error en el automóvil, esta herramienta puede descubrir todas las cantidades de control electrónico del automóvil y leer los códigos de error [17].

En la Figura 9, se observa el scanner Automotriz que nos facilitó con la obtención de los datos que se realizó en el trayecto.



Figura 9: Datos con un Scanner Automotriz. [17]

3.2.4. Blue driver OBD2

Es un scanner automotriz cuya interfaz puede acoplarse al celular o a una computadora mediante vía bluetooth, en la cual se determina las siguientes características:

- Blue driver OBD2, te permite leer y borrar los códigos de diagnósticos.
- Por ser un dispositivo de gama alta, te ofrece el registro de datos al instante a través de la gráfica de los parámetros del motor.
- Automáticamente al leer los DTC se generará una lista detallada del vehículo, donde indicará las fallas reflejadas, así como las posibles soluciones al problema que presenta.
- Ofrece lecturas avanzadas de datos, como lo es el caso de conteo de fallas de encendido por medio de las lecturas de Modo Avanzado.
- La lista de errores y el informe de reparación se puede imprimir o enviar a un correo electrónico.

3.2.5. Hoja de Ruta

Para realizar el análisis de consumo es necesario tener en claro las distintas variables que pueden afectar la conducción.

Mediante las condiciones más representativas es posible medir el consumo y emisiones de los vehículos [16], así como:

- **RDE:** Emisiones en condiciones reales de conducción.
- **EVAP:** Ensayo evaporación o pérdidas por respiración del depósito de combustible.

- **FCM:** Monitorización del consumo de combustible.
- **ISC:** Conformidad en circulación [16].

Se eligió una ruta que tendrá inicio en el redondel de la Atahualpa, finaliza en la Plaza Artigas, recorriendo una distancia de 11910m [18].

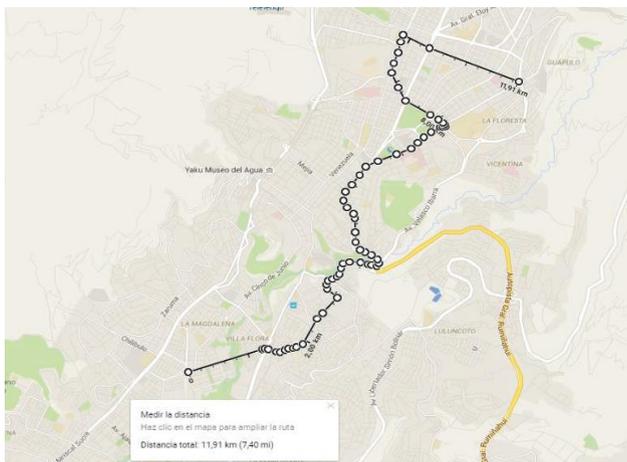


Figura 10: Ruta Escogida de Manejo [19].

En la figura 10 se puede observar la ruta de prueba donde se consideró las vías con mayor flujo de tráfico obteniendo como resultado el inicio de la prueba que inicia desde el Redondel de la Atahualpa, Av. Alonzo de Angulo, Av. Napo, Av. Pichincha, Av. Gran Colombia, Av. 12 de octubre, Av. Patria, Av. Pérez Guerrero, Av. América, Av. Colón y finaliza en el redondel de la Plaza Artigas.



Figura11: Perfil de Elevación Ruta de Prueba. [19]

En la figura 11 se puede observar las zonas con mayor elevación determinadas mediante el uso del software de Google Earth con el cual se obtuvo los siguientes datos de la ruta:

En la Tabla 5 se puede observar las elevaciones del trayecto en donde se realizó la prueba.

Tabla 5: Elevaciones destacadas de la ruta de prueba.

ELEVACIONES DE RUTA	
SECTOR(Ubicación)	ELEVACIÓN (m)
Av. NAPO (Chimbacalle)	2841 m
Av. GRAN COLOMBIA (Parque Alameda)	2841 m
TREBOL (Intercambiador Trébol)	2744 m
Av. COLÓN (Hospital Baca Ortiz)	2786 m

Fuente: [19]

En la Tabla 6 se puede observar los puntos con mayor altitud que se tiene en el circuito en donde se realizó la prueba.

Tabla 6: % De elevaciones en el circuito de prueba.

Datos ruta	%del Recorrido
Recorrido plano	42%
Pendientes menores a 3°	17%
Pendientes de 4°	16%
Pendientes 6° o mas	6%
Pendientes de -4°	10%
Pendientes de -6°	9%
%Recorrido total	100%

Fuente: [19]

Una vez listas las rutas de conducción es importante establecer parámetros para determinar una recopilación de información correcta. Dentro de los cuales tenemos:

1. Vehículo y comprobar que no existan fugas.
2. Visualizar el nivel del medidor de combustible.
3. Ubicar e identificar el conector OBD II y acoplar el Interfaz para observar los datos que se deseados.

Por último, verificar que los datos recopilados sean precisos.

3.3. Determinación del estado de cargas de las baterías

Dado que una batería normalmente mantiene su voltaje aun cuando el nivel de carga es muy bajo, resulta un tanto complejo calcular su estado de carga observando solamente este parámetro. Justamente calcular con exactitud el estado de carga -SOC- motiva la medición de voltaje y corriente, de tal forma que mediante un software la ECU a cargo pueda determinar con la mayor exactitud posible cual es en cualquier momento el estado de carga de una batería. [19], como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\% SOC. A t = (Carga * 100Cap. bat) + \% SOC. A$$

40% (1)

$$\% SOC. At = ((I(A) * T(h)) * 100Cap. bat)$$

Ecuación 1: Ecuación del porcentaje de estado de carga de la Batería.

Donde:

% SOC. A = Porcentaje de estado de carga de la batería adicional (%)

t = Rango de tiempo en (horas)

$I(A)$ = Amperaje de carga en (Amperios)

$T(h)$ = Tiempo de carga en (horas)

$Cap. ba$ = Capacidad de la batería adicional en (A - h)

3.3.1. Determinación de la carga de la batería

Para determinar la ecuación de carga de la batería se considera la siguiente ecuación de acuerdo con [19]:

$$\% SOH = (Prom. T. Plug in * 100Prom. T. HN) (2)$$

Ecuación 2: Ecuación del Porcentaje de estado de Carga de la Batería

Donde:

% SOH = Porcentaje de estado de salud

$Prom. T. Plug - in$ = Promedio de la temperatura - Plug in

$Prom. T. HN$ = Promedio de la temperatura - híbrido normal

3.3.2. Determinación de potencia de la batería

En la ecuación (3), se determina la potencia entregada de la batería

En la ecuación 3

$$P = VxIxt (3)$$

Ecuación 3: Potencia Entregada de Batería

P: Potencia

V: Voltaje

I: Amperaje

T: Tiempo

4. Resultados y Discusión

Una vez realizadas las pruebas correspondientes en el vehículo, se realiza un análisis de los datos obtenidos.

4.1 Consumo de combustible

En la Figura 12, se observa el consumo de combustible en Modo Eco y Modo Sport para determinar que el tanque de combustible tiene una capacidad de 11.4 galones, al finalizar el viaje siguiendo la ruta definida en la figura 10, se tiene un nivel de combustible de 11.26 galones, con lo que se puede obtener el consumo en dicho viaje.

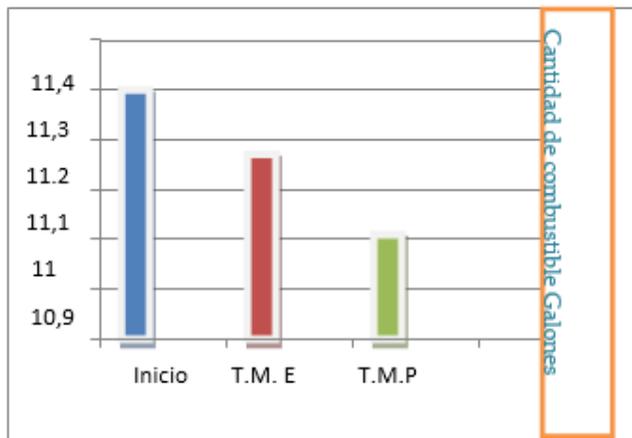


Figura 12. Consumo de Combustible en Modo Eco y Modo Sport

$$\text{consumo} = 11,4 \text{ GL} - 11,26 \text{ GL}$$

$$\text{consumo} = 0,14 \text{ GL}$$

Este valor expresado en litros es:

$$\text{consumo} = 0,14 \times 3,78$$

$$\text{consumo} = 0,52 \text{ litros}$$

Por otra parte, en el mismo trayecto, pero en el modo de conducción sport se tiene el siguiente consumo:

$$\text{consumo} = 11,4 \text{ GL} - 11,10 \text{ GL}$$

$$\text{consumo} = 0,30 \text{ GL}$$

Este valor expresado en litros es:

$$\text{consumo} = 0,30 \times 3,78$$

$$\text{consumo} = 1,13 \text{ litros}$$

4.2. Consumo eléctrico Modo Eco y Modo Sport

4.2.1. Estado de carga de las baterías

En la figura 13, se muestra el estado de carga de las baterías en Modo Eco, en el trayecto de retorno se indica que existe un ligero incremento del uso del motor de combustión en la ida y de igual forma que el límite de descarga de las baterías bordea el 40%.

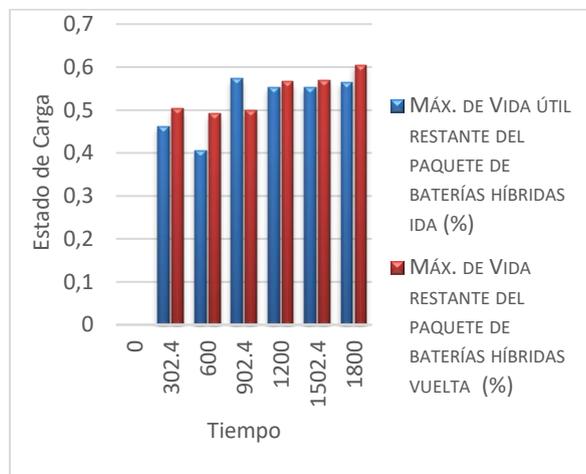


Figura 13: Estado de Carga vs Tiempo.

De acuerdo con la ecuación (2) el estado de carga de la batería es:

$$\% \text{ SOH} = (42,15 \times 100) / 47,75$$

$$\% \text{ SOH} = 88,27 \%$$

$$\% \text{ SOH} = 100 - 88,27 \%$$

$$\% \text{ SOH} = 11,73 \%$$

En la figura 15, se aprecia el estado de carga de las baterías en Modo Sport, en el trayecto del viaje de ida la vida útil de las baterías es mayor ya que también el tiempo en el trayecto es superior.

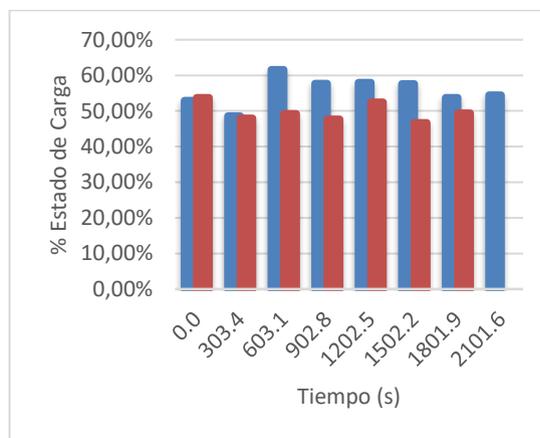


Figura 15: Estado de Carga vs Tiempo

De acuerdo con la ecuación (2) el estado de carga de la batería es:

$$\% \text{ SOH} = (35,15 * 100/42,57)$$

$$\% \text{ SOH} = 82,56 \%$$

$$\% \text{ SOH} = 100 - 82,56 \%$$

$$\% \text{ SOH} = 17.44 \%$$

Por otra parte, la temperatura promedio de las baterías se mantiene en un valor de 47,75 C° en Modo Eco y en Modo Sport de 42,57 C° de acuerdo con los datos mostrados en la Figura 14.

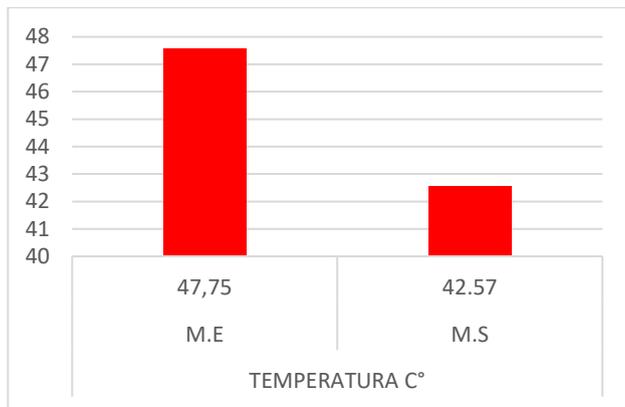


Figura 14: Temperatura de la Batería.

4.2.2. Voltaje de la batería Modo Eco y Modo Sport

En la figura 16, se puede observar que la comparativa del consumo de voltaje tanto en modo eco como modo sport, la entrega de voltaje entre sus dos modos de conducción.

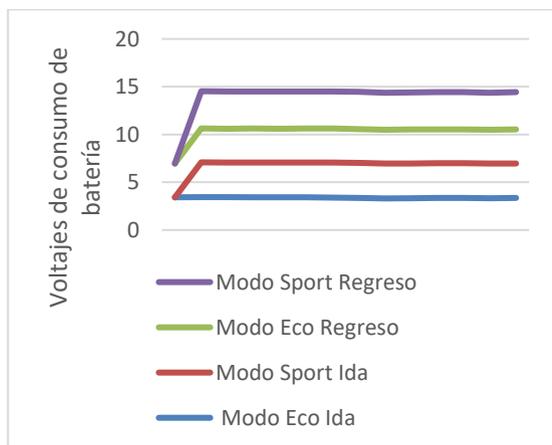


Figura 16: Voltaje de Consumo de Batería.

4.2.3. Amperaje de consumo de batería Modo Eco y Modo Sport

En la figura 17, se puede observar el amperaje consumido por el motor eléctrico en sus diferentes modos y trayectos, en el cual, el amperaje es mayor en el modo eco ya que el motor de combustión trabaja en intervalos para su respectiva carga.

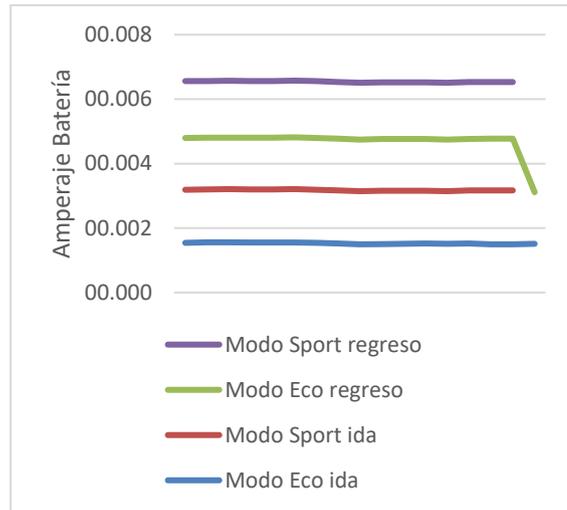


Figura 17: Amperaje de Consumo de Batería.

En la Tabla 7 se observa el tiempo promedio de accionamiento del acelerador a través del sensor que incorpora este componente en el vehículo, valores tomados en el trayecto de ida y de vuelta, se obtuvo el promedio en cada modo de manejo.

Tabla 7: Tiempo de accionamiento del Sensor de Posición Acelerador

	Sensor de Posición Acelerador	
	Modo Eco (t)	Modo Sport (t)
	6,35	4,35
	3,25	3,25
Promedio	4,8	3,8

Fuente: Autor

Con los datos mostrados en párrafos anteriores se calcula la potencia suministrada por las baterías como se muestra a continuación:

Modo Eco en Ida:

$$P = 3.4128 \times 1.5443 \times 4.8$$

$$P = 25.29wh$$

Modo en Eco Venida:

$$P = 3.5424 \times 1.6029 \times 4,8$$

$$P = 27.25wh$$

Modo Sport Ida:

$$P = 3.5510 \times 1.6485 \times 3,8$$

$$P = 22.22wh$$

Modo Sport Venida:

$$P = 3.7950 \times 1.7625 \times 3,8$$

$$P = 25,40wh$$

En la Tabla 8 se puede observar la potencia suministrada (kwh), en los modos de manejo tanto en eco y sport, se pudo observar que en el modo eco hay mayor potencia de carga que en el modo sport.

Tabla 8: Potencia suministrada de Modo Eco y Modo Sport

Potencia Suministrada		
	Modo Eco (kwh)	Modo Sport (kwh)
	25.30	22.24
	27.25	25,41
Suma	52.55 (kwh)	47.65(kwh)

Fuente: Autor

4.2.4. Energía Regenerada

En la Figura se observa la energía recuperada en el trayecto de Ida en el Modo de conducción Eco, información provista por la computadora a bordo del vehículo.

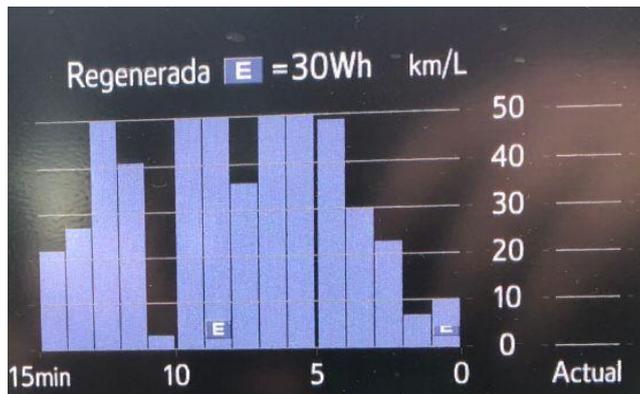


Figura 18: Energía Regenerada del Vehículo Toyota Corolla.

Fuente: Autor

De manera similar, en la Tabla 9 se observa la energía regenerada en el trayecto tanto en Modo Eco y modo Sport. Al final de cada trayecto se tienen una potencia regenerada de 60 (Wh).

Tabla 9: Energía Regenerada

Energía Regenerada		
Trayecto	Modo Eco (Kwh)	Modo Sport (kwh)
Ida	30	30
Vuelta	30	30
Total	60(kwh)	60(kwh)

Fuente: Autor

5. Análisis de resultados

5.1. Consumo de Combustible

Para realizar una comparación entre modos de manejo se tomará en cuenta el consumo en el combustible por kilometraje y la potencia suministrada de la batería.

Para esto se convertirán los valores km/litro en litro/100km

Para Modo Eco tenemos:

$$\frac{0.52 \text{ litros}}{x \text{ litros}} = \frac{25 \text{ km}}{100 \text{ km}} \quad (4)$$

Ecuación 4: Ecuación de transformación de unidades

$$x = \frac{0.52 \times 100}{25}$$

$$x = 2.08 \frac{\text{litros}}{100 \text{ km}}$$

El consumo de combustible por cada 100 km se puede estimar el costo de la siguiente de uso de este.

Precio Galón de gasolina extra = 2.40 dólares

Precio por Litro de gasolina extra = 0.6 ctvs. de dólar

$$\text{costo de recorrido } 100\text{km} = 0.6 \times 2.08$$

$$\text{costo de recorrido } 100\text{km} = 1.24 \text{ dólares}$$

Para el Modo Sport:

$$\frac{1.13 \text{ litros}}{x \text{ litros}} = \frac{25 \text{ km}}{100 \text{ km}}$$

$$x = \frac{1.13 \times 100}{25}$$

$$x = 4.52 \frac{\text{litros}}{100 \text{ km}}$$

En modo Sport al estar el motor de combustión interna en constante funcionamiento se observa que hay más consumo de combustible que con el modo anterior, lo que aumenta el costo de recorrido como se indica a continuación:

$$\text{costo de recorrido } 100\text{km} = 0.6 \times 4.52 \quad (5)$$

Ecuación 5: Ecuación de costo en \$ del recorrido

$$\text{costo de recorrido } 100\text{km} = 2.71 \text{ dólares}$$

5.2. Consumo Eléctrico

Se puede calcular el costo del consumo eléctrico en dólares sabiendo que un KWh vale 9,2 ctv.

$$\text{Costo Eléctrico } 100\text{km} = \frac{V\$x \text{ Kwh}}{100} \quad (6)$$

Ecuación 6: Ecuación de consumo eléctrico en \$ del recorrido.

Con los datos obtenidos de la potencia suministrada menos que la energía regenerada nos da como resultado:

$$\text{-Modo Eco} = 7,45 \text{ (Wh)}$$

$$\text{-Modo Sport} = 12,35 \text{ (Wh)}$$

Consumo eléctrico Modo Eco:

$$\text{Costo Eléctrico } 100\text{km} = \frac{9.2 \times 7,45}{100}$$

$$\text{Costo Eléctrico } 100\text{km} = 0,68 \$$$

Consumo Eléctrico Modo Sport:

$$\text{Costo Eléctrico } 100\text{km} = \frac{9.2 \times 12,35}{100}$$

$$\text{Costo Eléctrico } 100\text{km} = 1.13 \$$$

5.3. Consumo Energético

En la Tabla 10, se observa el total en consumo energético recorrido, de ambos modos de manejo se tiene un costo de recorrido 1.92 dólares en Modo Eco y 3.84 dólares en Modo Sport, para movilizarse en la ruta seleccionada dentro del Distrito Metropolitano de Quito.

Tabla 10: Consumo energético

Modo de Manejo	Consumo energético (\$)
Modo Eco	\$ 1.92
Modo Sport	\$ 3.84

Fuente: Autor

6. Conclusiones

- Una vez hecho el análisis energético se determinó que desplazarse de ambos modos de manejo se obtuvo un costo de recorrido 1.92 dólares en Modo Eco y 3.84 dólares en Modo Sport, para movilizarse en la ruta seleccionada dentro del Distrito Metropolitano de Quito.
- Se pudo apreciar los datos obtenidos de la potencia de la batería que en el modo Sport el consumo energético de la batería es menor en 4.9 KWh con respecto a su modo eco en similitud de condiciones de manejo

- El mayor porcentaje SOC obtenidos fue de 17,44 en modo sport, esta diferencia con el modo eco se da debido al mayor uso de motor de combustión interna para el desplazamiento.
- En contraste con los resultados obtenidos, se pudo determinar, en el modo de conducción eco tiene una reducción 2.44 litros en contraste con los resultados obtenidos del modo de sport.
- En el modo Sport dentro de la zona urbana no es recomendable el uso de modo sport, ya que se puede apreciar un incremento significativo, el consumo de combustible fue de 4,52 l/100 km, siendo casi el doble del consumo obtenido de modo eco.

7. Bibliografía

- [1] G. Coba, «Las ventas de los vehículos híbridos y electricos crecen casi un 300%,» 26 Enero 2022. [En línea]. Available: <https://www.primicias.ec/noticias/economia/ventas-vehiculos-hibridos-electricos-ecuador/>. [Último acceso: Junio 2022].
- [2] F. Castillo Mondragon y A. Torres Brito, «Análisis de rendimiento, consumo y emisiones generadas por los vehículos híbridos,» Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Quito, 2011.
- [3] D. G. Pérez Daruqea , «Estudio de emisiones contaminantes utilizando combustibles locales,» Universidad Internacional del Ecuador , Quito, 2018.
- [4] Mundoautomotor, 28 Noviembre 2007. [En línea]. Available: <http://www.mundoautomotor.com.ar/web/2007/11/28/autos-hibridos-definicion/>. [Último acceso: 10 Mayo 2022].
- [5] R. G. Romero Granada, «Estudio del Consumo de Combustible en Carretera de un Vehículo Híbrido,» Universidad Internacional del Ecuador , Guayaquil, 2022.
- [6] B. Basco, «e-automotive,» 9 Marzo 2020. [En línea]. Available: <https://noticias-renting.aldautomotive.es/coches-hibridos-tipos/>.
- [7] J. P. Mateos, «Autofácil,» 31 Marzo 2020. [En línea]. Available: <https://www.autofacil.es/coches-electricos-e-hibridos/coche-hibrido/184371.html>.
- [8] motorpasion, 30 Agosto 2019. [En línea]. Available: <https://www.motorpasion.com/espaciotoyota/usar-bien-modos-conduccion-tu-hibrido-durante-tu-viaje>.
- [9] motorpasion, 24 Noviembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.motorpasion.com/espaciotoyota/como-elegir-modos-conduccion-hibrido-electrico-para-optimizar-su-comportamiento>.
- [10] Revista Turbo, «Para que sirven los modos de conducción,» *Revista turbo*, p. 1, 2019.
- [11] Central Recambio Original, «Central Recambio Original,» 8 Noviembre 2021. [En línea]. Available: <https://www.recambiooriginal.com/blog/recambios-originales/como-funciona-sistema-frenado-regenerativo-coches-electricados/>.
- [12] J. Majdalani, «AZ ADSL zone,» 9 Agosto 2021. [En línea]. Available: <https://www.adslzone.net/e-movilidad/coches/consumo-coches-hibridos-electricos/>.
- [13] W. Torres, «Primicias,» 10 Marzo 2022. [En línea]. Available: <https://www.primicias.ec/noticias/economia/petroecuador-gasolina-super-gasolineras-precios/>.
- [14] Waliño Ullan , «Vehículos híbridos, pasado presente y futuro,» Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona, Barcelona, 2022.
- [15] A. Test, «Auto Test,» 18 Agosto 2021. [En línea]. Available: <https://autotest.com.ar/pruebas/test-drive-toyota-corolla-cross-hibrido/>.
- [16] Alexandria, «ScienceDirect,» 4 Diciembre 2017. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110016817301539>.
- [17] Rivher Tire, «Rivher tires,» 13 mayo 2018. [En línea]. Available: <http://www.rivhertires.com.mx/service-detail-8.php>.
- [18] F. E. Quinchimbla Pisuña y J. M. Solís Santamaría, «Desarrollo de ciclos de conducción en ciudad, carretera y combinado para evaluar el rendimiento real del combustible de un vehículo con motor de ciclo otto en el Distrito Metropolitano de Quito,» Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2017.
- [20] J. C. Galarza Vásconez, «PERFIL DEL CONSUMIDOR DE AUTOS HIBRIDOS EN EL SECTOR NORTE DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO,» Universidad Tecnológica Equinoccial , Quito, 2015.

- [21] ahorremosgasolina, 12 Mayo 2022. [En línea]. Available: <https://www.fueleconomy.gov/feg/esphevtech.shtml>.
- [22] M. Orozco, «El comercio,» 29 Octubre 2014. [En línea]. Available: <https://www.elcomercio.com/actualidad/cuotas-importacion-afectaron-oferta-hibridos.html>.
- [23] M. motor, «autos híbridos,» 2015.
- [24] Statista, «Statista.com,» 15 Enero 2019. [En línea]. Available: <https://es.statista.com/1134805/volumen-ventas-vehiculos-electricos-ecuador/>.
- [25] A. Martos, «Blog Mecánicos,» 29 Noviembre 2019. [En línea]. Available: <http://www.blogmecanicos.com/2016/11/vehiculos-hibridos-clasificacion-parte.html>.
- [26] Motorpasión, «Motorpasión,» 16 septiembre 2020. [En línea]. Available: <http://www.motorpasion.com/espaciotoyota/como-elegir-modos-conduccion-hibrido-electrico-para-optimizar-su-comportamiento>.
- [27] E. Araujo Asgan, «Estudio y análisis del sistema de freno regenerativo del vehículo híbrido Toyota Prius,» Universidad Internacional del Ecuador, Quito, 2015.
- [28] E. Lima, «Olhar digital,» 27 febrero 2021. [En línea]. Available: <https://olhardigital.com.br/2021/02/27/carros-e-tecnologia/tesla-estuda-mudar-material-utilizado-em-suas-baterias-para-garantir-distribuicao/>.
- [29] E. Jaramillo Cabrera, «Sistema de frenos regenerativos en autos eléctricos e Híbridos,» Universidad Central del Ecuador, Quito, 2018.
- [30] H. Menchaca y A. Mendoza, «Desempeño de un vehículo híbrido y su contraparte de combustión interna bajo condiciones de manejo,» Scielo, Ciudad de México, 2013.
- [31] M. Pacheco, «El Comercio,» 18 Noviembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/analisis-calidad-derivados-ecuador-inicio.html>.
- [32] E. Raus Arias, «Economipedia,» 2020. [En línea]. Available: <https://economipedia.com/definiciones/investigacion-exploratoria.html>.
- [33] A. Rodríguez, «Siempre Auto,» 19 Agosto 2021. [En línea]. Available: <https://siempreauto.com/5-scanners-faciles-de-utilizar-para-detectar-las-fallas-desde-la-computadora-del-auto/>.