



## ING. AUTOMOTRIZ

Trabajo integración Curricular previa a la obtención del título de Ingeniero en Automotriz.

**AUTOR:**

Edwin Alejandro Morejón Jaya

Steven Bayardo Morejón Jaya

**TUTOR:**

Ing. Fabricio Corrales

Implementación y conversión de un vehículo M1 de MCI  
a motorización eléctrico



## CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

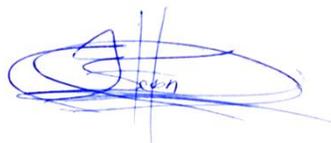
Nosotros, **EDWIN ALEJANDRO MOREJÓN JAYA, STEVEN BAYARDO MOREJÓN JAYA**, declaramos bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, su reglamento y demás disposiciones legales.



---

**EDWIN ALEJANDRO MOREJÓN JAYA**



---

**STEVEN BAYARDO MOREJÓN JAYA**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

Yo, **PHD (C) FABRICIO CORRALES Ing**, certifico que conozco a los autores del presente trabajo, siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

---

**PHD (C) FABRICIO CORRALES Ing.**

## **DEDICATORIA**

Con profunda gratitud, dedico este trabajo a mis padres, Edwin Morejón y Paulina Jaya, cuyo inquebrantable apoyo y confianza infinita me han acompañado desde el primer momento en que ingresé a la Universidad Internacional del Ecuador. Sin su respaldo y sacrificios, este logro en mi carrera de Ingeniería Automotriz no habría sido posible.

Extiendo mi más sincero agradecimiento a toda mi familia, por su constante motivación y apoyo en cada etapa de mi vida. Su presencia ha sido fundamental para mantenerme enfocado y perseverante.

Finalmente, agradezco a mis amigos, quienes, con su apoyo incondicional, estuvieron a mi lado en los momentos más desafiantes de mi trayectoria estudiantil. Su compañía y ánimo fueron un pilar importante para alcanzar esta meta.

**Edwin Alejandro Morejon Jaya**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo, en a mi padre Edwin Morejón y a mi madre Paulina Jaya, ustedes han sido el faro que ha guiado mi vida, brindándome siempre su apoyo incondicional y enseñándome el verdadero significado del esfuerzo y la perseverancia. Gracias a su dedicación y a los sacrificios que han hecho por mí, he podido recibir la educación que me ha permitido llegar hasta aquí. No tengo palabras suficientes para expresar mi gratitud por todo lo que han hecho por mí; este logro es tanto suyo como mío.

A mis hermanos, por su constante apoyo moral ha sido fundamental para que no me diera por vencido en los momentos en que las dificultades parecían insuperables, por estar siempre a mi lado y recordarme que no estoy solo en este viaje.

Finalmente, dedico este trabajo a toda mi familia, que ha estado siempre presente, respaldándome en cada paso que he dado. A cada uno de ustedes, les agradezco por estar detrás de mí, ofreciendo su apoyo cuando más lo necesitaba y brindándome el cariño y la confianza para seguir adelante. Este logro es un reflejo del amor y la unidad que compartimos como familia.

**Steven Bayardo Morejón Jaya**

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que, de una u otra forma, contribuyeron a la realización de esta tesis. En primer lugar, a mis padres, Edwin Morejón y Paulina Jaya, por su amor incondicional, su apoyo constante y por inculcarme el valor del esfuerzo y la perseverancia. Su fe en mí ha sido una fuente inagotable de motivación a lo largo de todo mi camino académico.

Extiendo mi gratitud a mis profesores, quienes no solo compartieron su conocimiento, sino que también me guiaron con dedicación durante mi formación. Gracias a ellos, pude desarrollar una visión crítica y una comprensión más profunda del mundo que me rodea.

**Edwin Alejandro Morejon Jaya**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis padres, Edwin Morejón y Paulina Jaya, quiero expresarles mi más profundo agradecimiento. No solo me han brindado su apoyo incondicional a lo largo de mi vida académica, sino que también me han inculcado valores que han formado la base de mi carácter. Gracias por su paciencia, por las largas conversaciones, y por creer en mí incluso cuando yo dudaba. Su amor y orientación han sido esenciales en cada paso de este camino.

Finalmente quiero también agradecer a mis profesores, quienes no solo me transmitieron conocimientos académicos, sino que también me enseñaron valiosas lecciones que van más allá del aula. Sus consejos, enseñanzas y la ética profesional que me inculcaron serán siempre parte de mí, tanto en mi vida profesional como en mi vida cotidiana. Gracias por su dedicación, por su ejemplo, y por motivarme a ser la mejor versión de mí mismo.

**Steven Bayardo Morejón Jaya**

# ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA.....	iii
APROBACIÓN DEL TUTOR .....	iv
DEDICATORIA .....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
AGRADECIMIENTO .....	viii
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiv
RESUMEN .....	1
ABSTRACT.....	3
CAPITULO 1 .....	4
1.1INTRODUCCIÓN .....	4
1.2JUSTIFICACIÓN .....	9
1.3 OBJETIVOS .....	14
1.3.1 Objetivo General.....	14
1.3.2 Objetivos Específicos.....	14
1.4 ALCANCE.....	15
CAPÍTULO 2.....	17
2.1 Motor eléctrico.....	18
2.2 Partes de un Motor eléctrico .....	19
2.3 Batería.....	21
2.4 Tipos de Batería .....	22
2.4.1 Batería de plomo acido: .....	22
2.4.2 Batería de níquel – cadmio (NiCd):.....	24
2.4.3 Baterías de Ion-Litio: .....	25
2.4.4 Baterías de polímero de litio:.....	26
2.4.5 Baterías de litio (LiFePO4):.....	28
CAPÍTULO 3.....	30
3.1 Historia.....	30

3.3 Introducción al Ecuador.....	32
3.4 Ficha técnica del Volkswagen Escarabajo.....	34
3.5 Mantenimiento del Volkswagen Escarabajo.....	34
CAPÍTULO 4.....	36
3.1 Transformación de un Volkswagen escarabajo a eléctrico.....	36
4.1 Motor eléctrico asíncrono.....	36
4.2 Principios de Funcionamiento de un motor eléctrico asíncrono.....	37
4.3 Componentes principales del motor eléctrico asíncrono.....	39
4.4 Ventajas y Desventajas de un Motor Eléctrico Asíncrono.....	40
4.5 Kits de conversión eléctrica.....	41
4.6 Kit de conversión eléctrica 108V.....	43
4.6.1 Vehículo.....	43
4.6.2 Motor eléctrico.....	43
4.6.3 Controlador AC.....	45
4.6.4 Acelerador electrónico.....	47
4.6.5 Bomba de Vacío.....	48
4.6.6 Convertidor DC108V DC12V.....	49
4.6.7 Cargador de Baterías.....	51
4.6.8 Celdas de Baterías de LiFePo4.....	53
4.5.9 Battery Management System (BMS).....	54
4.5.10 Sensor de Voltaje.....	56
4.6.11 Sensor de Temperatura.....	57
4.6.12 Pantalla digital.....	57
4.6.13 Carcasa para las baterías.....	58
4.7 Elementos Fabricados para la adaptación de un motor eléctrico.....	59
4.7.1 Placa adaptadora.....	59
4.7.2 Acople Caja-Motor.....	60
4.8 Desarmado del vehículo.....	61
4.8.2 Modificaciones para mejorar el desempeño en carreras de cuarto de milla.....	69
4.9 Armado del vehículo.....	71
4.10 Diagrama de orden de Orden de Conexión y Funcionamiento de un vehículo con kit de Conversión de motorización eléctrica.....	73
4.11 Prueba de desempeño (1/4 de milla).....	75

4.11.1 Prueba con motor original.....	76
4.11.2 Prueba con la motorización eléctrica. ....	79
4.12 Costo operativo de funcionamiento de una motorización eléctrica .....	81
4.13 Desafío técnico identificado en las pruebas.....	82
5.1 Conclusiones.....	84
5.2 Recomendaciones: .....	86
BIBLIOGRAFÍA .....	89
ANEXOS: .....	93

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1:</b> Contenido de Azufre en el Diesel .....	6
<b>Figura 3.7.1:</b> Tren motriz Volkswagen escarabajo .....	11
<b>Figura 2:</b> Vehículo eléctrico construido por Sibrandus Stratingh .....	18
<b>Figura 2.1.1:</b> Campo Magnético .....	19
<b>Figura 2.4.1.1:</b> Batería de plomo acido .....	23
<b>Figura 2.4.2.1:</b> Batería de níquel – cadmio (NiCd) .....	24
<b>Figura 2.4.3.1:</b> Baterías de Ion-Litio .....	25
<b>Figura 2.4.4.1:</b> Baterías de polímero de litio .....	27
<b>Figura 2.4.5.1:</b> Baterías de litio (LiFePO <sub>4</sub> ) .....	28
<b>Figura 3.2.1:</b> Concepto Volkswagen Tipo I .....	30
<b>Figura 3.2.2:</b> Ultimo Volkswagen Escarabajo Fabricado .....	32
<b>Figura 3.3.1:</b> Primer Volkswagen Escarabajo en Ecuador .....	33
<b>Figura 3.3.2:</b> Volkswagen Escarabajo Patrullero de Ecuador .....	33
<b>Figura 4.1.1:</b> Motor asíncrono .....	37
<b>Figura 4.2.1:</b> Motor asíncrono .....	38
<b>Figura 4.3.1:</b> Componentes principales del motor eléctrico asíncrono .....	40
<b>Figura 4.5.1:</b> Componentes principales del motor eléctrico asíncrono .....	41
<b>Figura 4.6.2.1:</b> Motor asíncrono trifásico .....	45
<b>Figura 4.6.3.1:</b> Controlador AC .....	46
<b>Figura 4.6.4.1:</b> Acelerador electrónico .....	47
<b>Figura 4.6.5.1:</b> Kit de Bomba de Vacío Eléctrica .....	49
<b>Figura 4.6.6.1:</b> Convertidor DC108V DC12V .....	50
<b>Figura 4.6.7.1:</b> Cargador de Baterías .....	51
<b>Figura 4.6.8.1:</b> Celdas de Baterías de LiFePo <sub>4</sub> .....	53
<b>Figura 4.6.8.1:</b> Datos técnicos de Celdas de Baterías de LiFePo <sub>4</sub> .....	54
<b>Figura 4.6.9.1:</b> Battery Management System (BMS) .....	55
<b>Figura 4.6.9.2:</b> Ficha técnica de Battery Management System (BMS) .....	56
<b>Figura 4.6.12.1:</b> Pantalla digital .....	58
<b>Figura 4.6.13.1:</b> Carcasa para las baterías .....	59
<b>Figura 4.7.1.1:</b> Placa Adaptadora .....	59

<b>Figura 4.7.1.1:</b> Acople Caja Motor.....	60
<b>Figura 4.8.1.1:</b> Estado inicial del proyecto.....	61
<b>Figura 4.8.1.2:</b> Desmontaje de motor y caja de cambios.....	62
<b>Figura 4.8.1.3:</b> Bahía del motor del Volkswagen Escarabajo .....	62
<b>Figura 4.8.1.4:</b> Desacople de motor.....	63
<b>Figura 4.8.1.5:</b> Desmontaje de línea de frenos .....	64
<b>Figura 4.8.1.6:</b> Desmontaje de transmisión (1).....	65
<b>Figura 4.8.1.7:</b> Desmontaje de transmisión (2) .....	65
<b>Figura 4.8.1.8:</b> Separación de ejes (1) .....	66
<b>Figura 4.8.1.9:</b> Separación de ejes (2) .....	67
<b>Figura 4.8.1.10:</b> Filtro de Combustible.....	68
<b>Figura 4.8.1.11:</b> Cable y Pedal del Acelerador.....	68
<b>Figura 4.8.2.1:</b> Interior de vehículo antes.....	69
<b>Figura 4.8.2.2:</b> Interior del vehículo después .....	70
<b>Figura 4.9.1:</b> Unión Motor Eléctrico, Caja del vehículo .....	71
<b>Figura 4.9.2:</b> Instalación de Ejes a la caja .....	72
<b>Figura 4.9.3:</b> Instalación de Baterías de Litio LiFePO4 .....	72
<b>Figura 4.10.1:</b> Diagrama de orden de Orden de Conexión y Funcionamiento.....	73
<b>Figura 4.11.1.1:</b> Altura en la cual se realizado la prueba .....	77
<b>Figura 4.11.1.2:</b> Prueba de ¼ de milla.....	77
<b>Figura 4.11.2.1:</b> Grafico de barras de Prueba de ¼ de milla motor eléctrico.....	80
<b>Figura 4.11.2.2:</b> Grafico de barras de Prueba de Comparación de pruebas ¼ de milla ..	81
<b>Figura 4.13.1:</b> Problema de suspensión.....	83
<b>Figura 7.1</b> Paquete de Baterías .....	93
<b>Figura 7.2:</b> Armado de Paquete de Baterías .....	94
<b>Figura 7.3:</b> Armado de Paquete de Baterías (2).....	94
<b>Figura 7.4:</b> Desacople de ejes de a la transmisión.....	94
<b>Figura 7.5:</b> Desacople de a la transmisión de la carrocería .....	95
<b>Figura 7.6:</b> Desacople de a la transmisión de la carrocería (4).....	96
<b>Figura 7.7:</b> Desacople de; motor de la transmisión .....	97
<b>Figura 7.8:</b> Motor de Volkswagen Escarabajo 1600 desmontado.....	98
<b>Figura 7.9:</b> Motor de Volkswagen Escarabajo 1600 .....	98

<b>Figura 7.10:</b> Parte Superior Placa Adaptadora .....	99
<b>Figura 7.11:</b> Vehículo antes de la instalación.....	99
<b>Figura 7.12:</b> Corte en la carrocería para la adaptación del motor.....	100
<b>Figura 7.13:</b> Motor Eléctrico .....	100
<b>Figura 7.14:</b> Parte Superior Acople Caja- Motor .....	101
<b>Figura 7.15:</b> Parte Inferior Acople Caja- Motor .....	101
<b>Figura 7.16:</b> Instalación de Motor Eléctrico.....	102
<b>Figura 7.17:</b> Acople Caja-Motor .....	102
<b>Figura 7.18:</b> Instalación Embrague al acople Caja-Motor.....	103
<b>Figura 7.19:</b> Ficha Técnica del Motor Eléctrico.....	103
<b>Figura 7.20:</b> Motor Eléctrico Instalado.....	104

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.1:</b> Contenido de Azufre en Combustibles.....	7
<b>Tabla 1.2:</b> Perdida de potencia por altura del Volkswagen escarabajo .....	8
<b>Figura 2.4.6:</b> Tabla comparativa entre baterías .....	29
<b>Tabla 3.4.1:</b> Ficha técnica del Volkswagen Escarabajo 1600 A del año 1974 .....	34
<b>Tabla 3.5.1:</b> Costo de mantenimiento del Volkswagen Escarabajo 1600.....	35
<b>Tabla 4.4.1:</b> Ventajas y Desventajas de un Motor Eléctrico Asíncrono .....	40
<b>Tabla 4.7.2.1:</b> Peso de elementos eliminados .....	70
<b>Tabla 4.10.1.1:</b> Prueba de ¼ de milla Motor original .....	78
<b>Tabla 4.10.2.1:</b> Prueba de ¼ de milla Motor eléctrico.....	79
<b>Tabla 4.10.2.2:</b> Comparación de Prueba de ¼ de milla .....	80

## **Implementación y conversión de un vehículo M1 de MCI a motorización eléctrica**

*Ing. Fabricio Corrales<sup>1</sup>, Edwin Morejon<sup>2</sup>, Steven Morejon<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup>Universidad Internacional del Ecuador, lucorraleszu@uide.edu.ec, Quito-Ecuador*

*<sup>2</sup>Universidad Internacional del Ecuador, edmorejonja@uide.edu.ec, Quito-Ecuador*

*<sup>3</sup>Universidad Internacional del Ecuador, stmorejonja@uide.edu.ec, Quito-Ecuador*

### **RESUMEN**

La problemática social de este proyecto es que, en el año de 2035, en La Unión Europea únicamente se podrá comercializar la venta de vehículos de motorización eléctrica, esto con el objetivo de tener cero emisiones en la venta de vehículos. “En algunos países europeos se ha aprobado oficialmente una ley que prohíbe el ingreso de vehículos de combustión interna ya sea gasolina o diésel”, a centros históricos de algunas ciudades, únicamente se podrá ingresar con vehículos de motorización eléctrica, existe una excepción con vehículos de que presenten etiqueta verde, “esto aborda a cualquier vehículo que presente una motorización híbrida”.

Este estudio se realizó analizando la viabilidad de la conversión de un motor de combustión interna a uno eléctrico en términos de desempeño del vehículo, aumentando la eficiencia energética y reducir los costos de mantenimiento y operación del vehículo. Evaluando los parámetros de desempeño al realizar la conversión de un motor de combustión interna a un motor eléctrico en un vehículo, considerando aspectos técnicos, económicos y ambientales. Esto analizando los costos involucrados en el cambio, incluyendo el costo del motor eléctrico, los componentes adicionales necesarios y los costos de instalación y mantenimiento. Con todos estos cambios implementados se evaluó el desempeño del nuevo motor eléctrico en términos de velocidad, aceleración, alcance y capacidad de carga en comparación con el motor de combustión interna original. Dando como resultado un Volkswagen Escarabajo, impulsado por una motorización eléctrica de 108V que genera cero emisiones en su uso.

**Palabra clave:** vehículo, conversión, motor, eléctrico, emisiones, emissions

## **ABSTRACT**

The social problem of this project is that, in the year 2035, in the European Union only the sale of electrically powered vehicles will be able to be marketed, this with the objective of having zero emissions in the sale of vehicles. “In some European countries, a law has been officially approved that prohibits the entry of internal combustion vehicles, whether gasoline or diesel,” to the historic centers of some cities, only electrically powered vehicles can be entered, there is an exception for electric vehicles. that present a green label, “this addresses any vehicle that has a hybrid engine.”

This study was carried out analyzing the feasibility of converting an internal combustion engine to an electric one in terms of vehicle performance, increasing energy efficiency and reducing vehicle maintenance and operation costs. Evaluating the performance parameters when converting an internal combustion engine to an electric motor in a vehicle, considering technical, economic and environmental aspects. This is by analyzing the costs involved in the change, including the cost of the electric motor, the additional components necessary and the installation and maintenance costs. With all these changes implemented, the performance of the new electric motor was evaluated in terms of speed, acceleration, range and load capacity compared to the original internal combustion engine. Resulting in a Volkswagen Beetle, powered by a 108V electric motor that generates zero emissions in use.

**Keywords:** vehicle, conversion, engine, electric

# CAPITULO 1

## 1.1INTRODUCCIÓN

Según el libro de (Antonio, 2015) “Un Motor de Combustión Interna es un conjunto de elementos mecánicos que permiten obtener energía mecánica a partir del estado térmico de un fluido de trabajo que se ha generado en su propio seno mediante un proceso de combustión.” (p.16).

Un motor de combustión interna es aquel que transforma la energía química a energía mecánica, esto es debido a un motor generalmente trabaja con ciclos termodinámicos, los más relevantes son el Ciclo Otto (Usados en vehículos de combustión de gasolina.), Ciclo Diesel (Usados en vehículos que presentan motor Diesel.) y el Ciclo Atkinson (Usados en vehículos que presentan motorizaciones híbridas.). El vehículo usado para esta investigación es un Volkswagen Escarabajo 1600 año 1974 que presenta un motor de combustión interna de 1584 cc de cilindrada, que tiene un motor tipo bóxer a carburador y opera con in ciclo de trabajo otto.

Desde la implementación de estos ciclos de trabajo en los vehículos de combustión, no ha existido una innovación que mejora la eficiencia de trabajo de los motores, existen nuevas tecnologías que ayudan a mejorar la capacidad de estos, aumentando la potencia, bajando el consumo y reduciendo las emisiones que genera el uso normal de este tipo de motores, pero con todas estas nuevas innovaciones en las nuevas motorizaciones aún no se logra resolver la gran problemática que presentan estos, que es la generación de contaminantes que son perjudiciales para el medio ambiente y la salud humana. Algunos de estos contaminantes son: Monóxido de carbono (CO), Óxidos de Nitrógeno (NOx), Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), entre otros.

Según el artículo (Milton, 2021) “Estas emisiones contaminantes de los automotores se generan por diversos procesos, una de las más frecuentes es las producidas por la quema del combustible y liberadas por el tubo de escape.” (p.3).

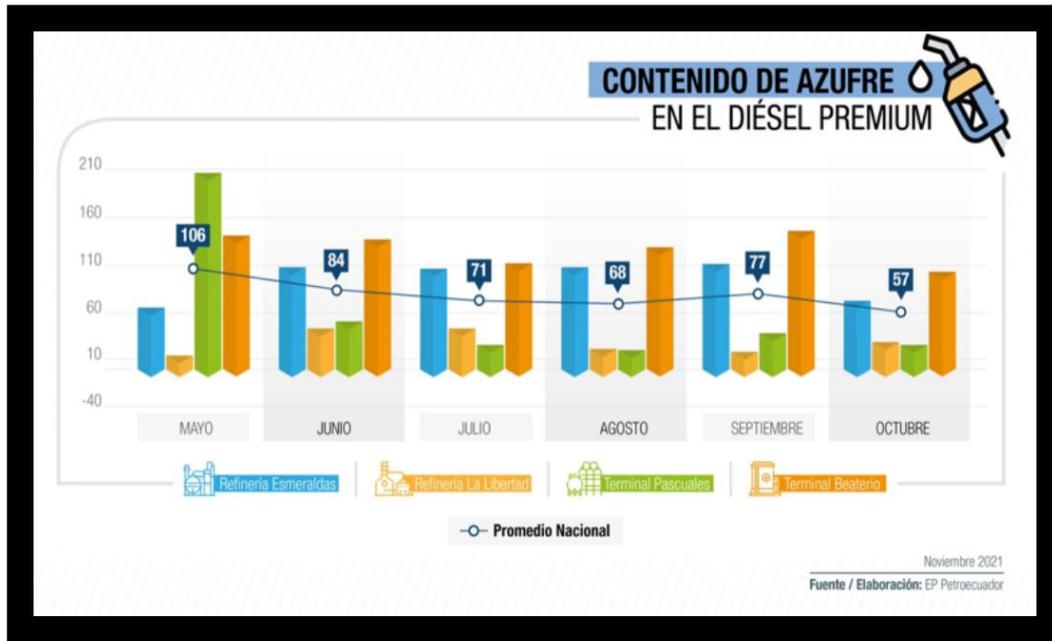
Las emisiones contaminantes que generan los vehículos de combustión interna, son principalmente gases generados por el resultado de la combustión de la mezcla de aire y combustible, la mayoría de los gases producidos, son nocivos para el medio ambiente y otros para el ser humano.

Un factor que determina los gases producidos por un vehículo, es la calidad del combustible que se utiliza, factores como el octanaje, el contenido de azufre y la pureza que presenta el mismo. “Actualmente, Ecuador tiene tres tipos de gasolina: Súper o Premium, Extra y Ecopaís. La primera –de mejor calidad-tiene 92 octanos, la segunda y la tercera 85.” (Ekosnegocio, 2022).

Estos valores de octanaje pueden ser inferiores a lo que se nos comenta en su comercialización, por variables como el origen del petróleo, su proceso de refinación y aditivos que pueden presentar el combustible. El octanaje es el valor que presenta el combustible para indicar la capacidad de autoignición y detonación del mismo. Un ejemplo de un combustible con un valor de octanaje es la presencia de autoencendidos, pérdida de potencia y rendimiento, aumento de emisiones y el deterioro prematuro del motor.

El contenido de azufre que presenta un combustible se regula para minimizar las emisiones de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), es un tipo de gas que es muy perjudicial para la generación de lluvia ácida y contaminación del aire, así como presentar efectos negativos en la salud humana como irritación de las vías respiratorias, agravamiento del asma y otras enfermedades pulmonares.

Como nos da a conocer el Ministerio de Energías y Minas del Ecuador en el Diesel “el promedio del contenido de Azufre es de 35 ppm en la zona sur y 95 ppm en la zona norte del país”. (Petroecuador, 2021).



**Figura 1.1:** Contenido de Azufre en el Diesel  
Fuente: (Petroecuador, 2021)

Según la Unión Europea en el año del 2009 estableció que el contenido de Azufre que se permite en el uso de los combustibles es de 10 ppm en Gasolina y 10 ppm en Diesel. Con el fin de reducir drásticamente la contaminación del medio ambiente, del aire y proteger la salud de los seres vivos.

La comparación entre las regulaciones presentes en la Unión europea y el Ecuador, Nos indica que el contenido de azufre presenta una diferencia significativa. En el año del 2009, la Unión Europea decreto un límite de 10 ppm para la Gasolina y el Diesel, todo esto con el fin de salvaguardar la salud pública y reducir la contaminación ambiental. En comparación con datos dados por Petroecuador en el año del 2021, El ecuador tiene un contenido de azufre en el Diesel

de 35ppm en la zona sur y de 95 ppm en la zona norte, esto nos indica que el Ecuador podría reforzar las regulaciones que se presentan para alinearse con los estándares internacionales y así mejorar la calidad del aire en el Ecuador.

**Tabla 1.1:** Contenido de Azufre en Combustibles

<b>Tipo de Combustible</b>	<b>Límite de Azufre (ppm)</b>	
	Unión Europea	Ecuador
Gasolina	10	450
Diesel	10	500

Fuente: Autoría Edwin Morejón y Steven Morejón

En la Tabla 1 nos indica la gran disparidad que existe en la regulación de azufre en los combustibles entre la Unión Europea y el Ecuador, Estos datos nos muestran que se necesita mejorar los estándares del combustible en el Ecuador, con el fin de alinearse con estándares internacionales.

Una de las mayores desventajas que presenta un vehículo de combustión es la pérdida de potencia respecto a la altura de funcionamiento. “Como regla general, un motor de combustión de aspiración natural perderá el 3% de su potencia por cada 1000 pies de desnivel. Si tiene 100 caballos de fuerza al nivel del mar cuando llegue a 5000 pies de altura, su motor generará 85 caballos de fuerza.” (Garret, 2019).

A medida que un vehículo asciende, la densidad de aire disminuye, esto da como resultado menos oxígeno disponible para la combustión del motor, reduciendo la potencia del mismo, como dice La empresa Garret, existe una pérdida de potencia cada 304.8 metros (1000 pies), del 3% de la potencia generada por el motor.

En el Volkswagen escarabajo presenta una potencia de 46 Hp, con condiciones ideales de trabajo, Las pruebas y análisis descritos en este estudio se realizaron utilizando el vehículo a una elevación de 2565 metros sobre el nivel del mar en el Valle de Los Chillos, Ecuador. Esto nos da como resultado:

**Tabla 1.2:** Perdida de potencia por altura del Volkswagen escarabajo

<b>Perdida de potencia por altura</b>		
<b>Altitud (Metros)</b>	<b>Perdida de potencia (%)</b>	<b>Potencia Restante (Hp)</b>
0	0	46
304.8	3	44.62
609.6	6	43.24
914.4	9	41.86
1219.2	12	40.48
1524	15	39.10
1828.8	18	37.72
2133.6	21	36.34
2438.4	24	34.96
2743.2	27	33.58
3048	30	32.20
3352.8	33	30.82

Fuente: Autoría Edwin Morejón y Steven Morejón

A una altura de 2565 metros sobre el nivel del mar, la perdida de potencia por altura del Volkswagen Escarabajo que genera 46 Hp en condiciones ideales de trabajo es del 24%, es decir que a esta altura se genera 34.96 Hp, dándonos como resultado una pérdida de 11.04 Hp por altura debido a la densidad del aire que presenta el mismo. Esto sin contar muchos tipos de pérdidas que presenta un vehiculo en una conducción cotidiana como, por ejemplo: Temperatura o Desgaste del Motor.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

Los motores de combustión interna, que han sido el corazón de la mayoría de los vehículos durante más de un siglo, son notoriamente ineficientes y emiten emisiones a gran escala que contribuyen al cambio climático. En este contexto, la conversión de un motor de combustión interna a eléctrico puede ser una solución prometedora. Desde un punto de vista teórico, la conversión de un motor de combustión interna a eléctrico implica la comprensión y la aplicación de conceptos como la electrónica de potencia, la mecánica de vehículos y la tecnología de baterías. En la actualidad podemos encontrar una gran variedad de kits de conversión de un vehículo de combustión interna a motorización eléctrica, la adaptación es relativamente fácil, debido que es muy compatible en vehículos adaptarles motores eléctricos, esto se debe a que únicamente se necesita fabricar componentes que conecten el motor eléctrico con la transmisión que presente el vehículo.

Además, para poder visualizar la diferencia que existen entre estos tipos de motorizaciones, este proyecto se enfoca en la diferencia de desempeño que existen entre estos, Por tal motivo el vehículo será centrado a competencias de 1/4 milla.

Convertir en vehículo que presenta una motorización de combustión interna (MCI) a una motorización eléctrica ofrece beneficios en temas de desempeño, como lo es el torque instantáneo que proporcionan los motores eléctricos desde el momento que se pisa el acelerador, dando como resultado una aceleración rápida que su contraparte.

Si bien el tren de potencia y el motor eléctrico presentan un menor peso comparado a un motor de combustión interna, la presencia de baterías puede ser un aumento de peso significativo

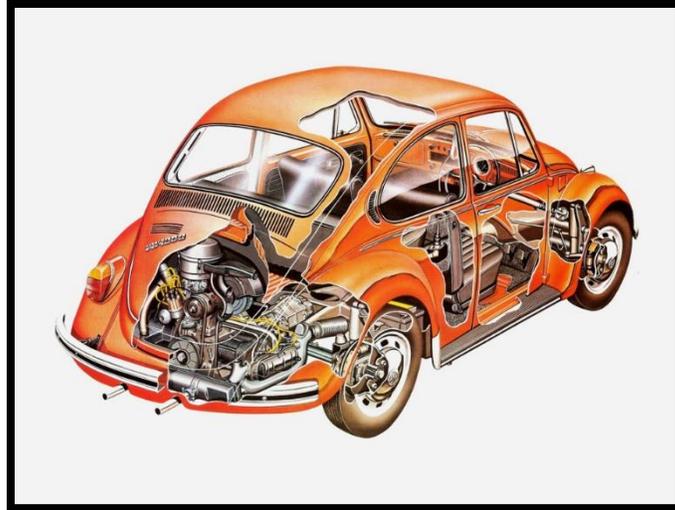
respecto a un tanque de combustible que presentan los vehículos, pero el peso de las baterías puede ser distribuidas alrededor del vehículo para poder mejorar la dinámica del vehículo.

Considerando los respectivos puntos analizados, este proyecto busca mostrar los benéficos asociados a la adaptación de una motorización eléctrica, así como destacar los avances tecnológicos que se van desarrollando con el tiempo a el mundo de la Ingeniera Automotriz.

La decisión de escoger un Volkswagen Escarabajo para este tipo de competencias no fue una decisión arbitraria, existieron múltiples razones mecánicas o históricas que hicieron atractiva la idea de usar este modelo, todo con el fin de expresar sus máximas capacidades para demostrar la diferencia que se puede conseguir en el momento de sustituir su viejo motor bóxer a carburador, por un motor moderno eléctrico, como lo es:

Este modelo presenta la gran particularidad que su motor y caja de cambios se encuentra ubicado en la parte trasera del automóvil. Esto fue una de las razones principales por escoger este modelo sobre otros.

Este tipo de configuración ofrece una de las mayores ventajas en el momento del arranque del vehículo, al acelerar bruscamente, el peso se transferirá a la parte posterior debido a la inercia y por la distribución de fuerza esto provocará que todo el peso se dirija hacia las ruedas traseras, lo que maximiza la tracción de las ruedas motrices, ofreciendo la máxima tracción de las llantas al momento del arranque.



**Figura 3.7.1:** Tren motriz Volkswagen escarabajo  
Fuente: (Delmonte, 2021)

Al lograr aumentar la tracción de las llantas traseras, evitaremos que estas patinen por la potencia brusca de salida, lo que es crucial en este tipo de carreras, donde cada milisegundo es tomado en cuenta, para lograr mejorar los tiempos en cada pasada.

Presentar el motor en la parte trasera nos ayuda a maximizar la estabilidad en el arranque, lo que nos permitirá tener un arranqué más eficiente y con un mayor control. Al presentar menores partes que un sistema convencional, obtendremos menos pérdidas mecánicas, esto al disminuir la fricción y resistencia que generarían estas partes, al presentar integrado el eje en la caja de cambios, reduciremos aún más las pérdidas, logrando una trasmisión de potencias a las ruedas mucho más eficiente.

Todo esto sumado a la simplicidad que presenta su diseño, nos permite tener un fácil acceso a realizar reparaciones y ajustes, tanto en el motor, como la trasmisión, minimizando el tiempo que necesitara estar el vehículo en los boxes de la pista. Logrando una gran ventaja significativa respecto a los competidores.

Al presentar un chasis sencillo y robusto, este vehículo se convierte en una plataforma ideal para la conversión de un sistema de propulsión eléctrico. Su diseño nos dispone de una fácil implementación de los componentes eléctricos, como el motor de 108V, debido a que en la bahía del motor presentamos un gran tamaño para la instalación del motor eléctrico, debemos recalcar que proporciones de tamaño una motorización eléctrica es relativamente inferior a una motorización de combustión interna.

La estructura que presenta el Volkswagen Escarabajo es ideal para la conversión a motorización eléctrica, esto es debido a que, en el diseño original del vehículo, el motor de combustión este acoplado en la transmisión, esto sin la necesidad de instalar bases estructurales adicionales. La conversión simplemente necesito una placa adaptadora que ayuda en la unión del motor eléctrico con la transmisión original del vehículo. Por tal motivo no fue necesario el diseño e implementación de nuevas bases estructurales, esto es debido a que tanto el motor de combustión interna, como el motor eléctrico presentan pesos similares, facilitando en gran medida el proceso de conversión, manteniendo la integridad estructural del vehículo.

En este proyecto, se identificó que el vehículo utilizado sufrió modificaciones previas en su suspensión, lo que ocasionó que, tras la instalación del sistema de propulsión eléctrica y las baterías, el motor eléctrico del automóvil descendiera hasta el punto de tocar el suelo, afectando su movilidad. Debido a esta condición, el vehículo no se encuentra en estado óptimo para ser presentado físicamente en la defensa de la tesis, ya que trasladarlo sin una corrección estructural podría comprometer su integridad y la seguridad de su operación.

Durante la ejecución del proyecto de conversión de un vehículo de combustión interna a motorización eléctrica, se realizaron exhaustivas pruebas funcionales y ajustes detallados para garantizar la correcta operatividad del sistema eléctrico y su integración con la estructura del Volkswagen Escarabajo. Sin embargo, tras completar las evaluaciones de desempeño en el cuarto de milla, se detectó un problema crítico en la suspensión trasera.

A lo largo de su vida útil, el vehículo experimentó modificaciones previas, incluida la sustitución de su sistema de suspensión, lo cual alteró significativamente su capacidad para soportar cargas adicionales.

Esta modificación estructural, posiblemente realizada para mejorar la estabilidad o la conducción, resultó incompatible con las exigencias de la conversión eléctrica. El peso adicional del motor eléctrico (54 kg), el conjunto de baterías (89.2 Kg kg) y el total del sistema de almacenamiento de energía (101.7 kg) superaron la capacidad de carga originalmente diseñada para la suspensión trasera. Al comparar con el peso del motor de combustión interna (95.6 kg), esta diferencia provocó una disminución crítica en la altura del vehículo, afectando su movilidad y comprometiendo su correcta operación.

Para corregir la altura al suelo del Volkswagen Escarabajo tras la conversión a motorización eléctrica, es necesario considerar la sustitución del sistema de suspensión por uno más robusto y adecuado para soportar el peso adicional del motor eléctrico y las baterías. Sin embargo, este cambio no es meramente mecánico, ya que altera de manera significativa la dinámica del vehículo, afectando parámetros críticos como la distribución de peso, el centro de gravedad, la respuesta de la suspensión y el comportamiento en curvas y frenado.

Por ello, antes de implementar un nuevo sistema de suspensión, es indispensable realizar un estudio técnico detallado que considere las nuevas condiciones operativas del vehículo. Este estudio debe incluir simulaciones dinámicas, análisis de cargas y, posteriormente, llevar a cabo pruebas prácticas en condiciones reales. Las pruebas deben evaluar si el nuevo sistema de suspensión no solo resuelve la altura al suelo, sino que además mantiene o mejora la estabilidad y seguridad del vehículo, garantizando que su rendimiento en aceleración, frenado y maniobrabilidad no se vea comprometido.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo General**

Adaptación un vehículo de combustión interna a uno eléctrico con el fin de aumentar el desempeño en carreras de cuarto de milla, mejorando la eficiencia en la aceleración y optimizando el tiempo de reacción.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Llevar a cabo una comparación del desempeño entre el motor de combustión interna original y el motor eléctrico adaptado, evaluando los tiempos registrados en pruebas de cuarto de milla.
- Establecer un tiempo base de referencia para el Volkswagen Escarabajo con motorización eléctrica en pruebas de  $\frac{1}{4}$  de milla, con el fin de implementar mejoras y optimizaciones que permitan reducir el tiempo para futuras modificaciones".

- Analizar los costos involucrados en el cambio, incluyendo el costo del motor eléctrico, los componentes adicionales necesarios y los costos de instalación.
- Asegurar la operatividad y el correcto desempeño de todos los sistemas del vehículo convertido, incluyendo temas estructurales y dinámicos, para asegurar su rendimiento óptimo.

## **1.4 ALCANCE**

El alcance de este proyecto se basó en la adaptación e implementación de una motorización eléctrica de 108V en un Volkswagen Escarabajo 1600 del año 1974, que previamente presentaba un motor de combustión interna (MCI) de 1584 cc que presentaba una potencia de 48 Hp. Este proyecto se enfocó en describir todas las etapas que abarca esta adaptación, desde los requerimientos iniciales del vehículo y los componentes nuevos que presenta, hasta el desarmado del vehículo y la adaptación de componentes electrónicos.

Esto incluye el motor eléctrico, el sistema de baterías y su respectiva unidad de control. Se realizaron pruebas de rendimiento para comparar con el desempeño que presentaba el vehículo anteriormente, evaluando su nueva motorización, y visualizando los desafíos técnicos asociados a este proyecto.

Este proyecto no solo nos presenta el proceso de conversión y los resultados que se obtuvieron, sino que también es una guía sólida para la realización de futuros proyectos asociados

a la conversión de un sistema de motorización eléctrica para vehículos de competencia, destacando las ventajas y desafíos que presenta la transición hacia una nueva motorización.

## CAPÍTULO 2

Antes de adentrarnos en el alcance de la conversión de un motor de combustión interna a un motor eléctrico en nuestro vehículo, resulta fundamental comprender la historia y la relevancia que ha tenido este tipo de motorización a lo largo de la existencia de los vehículos en los cuales nos desplazamos.

El surgimiento de los vehículos eléctricos se remonta a la primera mitad del siglo XIX, a pesar de que muchos consideren que la industria automotriz comenzó con los primeros vehículos de combustión interna. En realidad, los vehículos eléctricos hicieron su aparición mucho antes.

“En 1835 el holandés Sibrandus Stratingh y su ayudante Cristofer Becker desarrollaron un vehículo accionado por baterías no recargables, que es el precedente de los actuales coches eléctricos” (Martín, 2016)(p.119)

Esto hace referencia al destacado trabajo realizado por los pioneros Sibrandus Stratingh y su ayudante Cristofer Becker, el cual es ampliamente reconocido como un hito significativo en la historia de la industria automotriz. Su innovadora contribución consistió en ser los primeros en implementar un sistema de propulsión basado en baterías no recargables en un vehículo, sentando así los cimientos de lo que ahora conocemos como vehículos eléctricos, que son ampliamente utilizados y comercializados en la actualidad.



**Figura 2:** Vehículo eléctrico construido por Sibrandus Stratingh  
Fuente: (Stratingh & Becker, 2027)

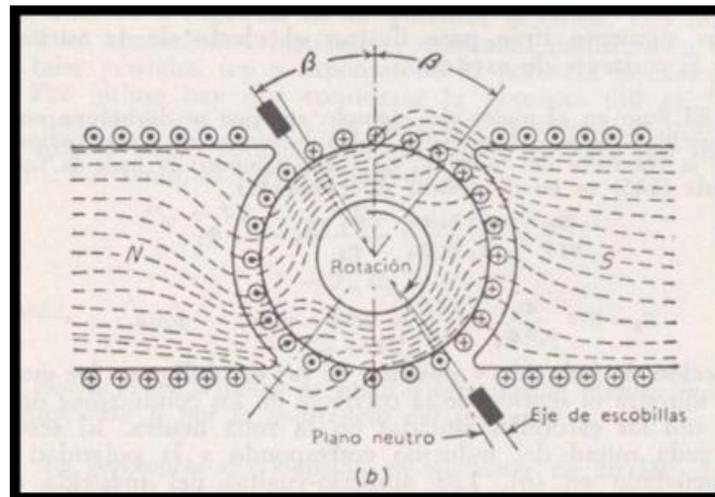
Gradualmente, los vehículos eléctricos experimentaron una evolución constante, mejorando progresivamente su mecánica con un enfoque especial en la autonomía y la potencia que ofrecían. A lo largo del siglo XIX, se centró en el desarrollo de las baterías eléctricas. Un dato relevante sobre las baterías de esa época es que los primeros vehículos eléctricos comercializados en 1898 permitían al conductor modificar la configuración de la batería en serie o en paralelo. Esto brindaba al conductor la capacidad de controlar la velocidad y el par que el vehículo podía ofrecer.

Ya para inicios del siglo XX, el catálogo de vehículos para el desplazamiento de la gente se resumía en: vehículos a combustión interna, vehículos a vapor y por ultimo los vehículos eléctricos.

## **2.1 Motor eléctrico**

Un motor eléctrico es un sistema de propulsión que convierte la energía eléctrica en energía mecánica, La energía eléctrica proviene de una batería o pila de combustible que puede ser de diferentes materiales como plomo o litio, que almacena la electricidad generada por fuentes

externas. El motor eléctrico genera un campo magnético que ayuda a girar un eje que está conectado a las ruedas del vehículo.



**Figura 2.1.1:** Campo Magnético  
Fuente: (M., 2012)

Un motor eléctrico posee una gran variedad de ventajas en comparación a un vehículo de combustión interna, como por ejemplo una mayor eficiencia que genera el motor, menor ruido producido, la eliminación de las emisiones y también una menor cantidad de mantenimientos al sistema de propulsión. Los motores eléctricos se clasifican dependiendo su tipo de corriente: Corriente alterna o continua, por lo general los motores de corriente alterna son utilizados en vehículos de motorización híbrida y los motores de corriente continua son ampliamente ocupados en vehículos de motorización completamente eléctrica.

## 2.2 Partes de un Motor eléctrico

**Estator:** Es un componente fijo del motor eléctrico, que este compuesto principalmente de bobinas de alambre conductor que este enrollado alrededor de un núcleo magnético. Esto porque este tipo de enrollados al aplicar una corriente eléctrica se logrará generar un campo magnético estático.

**Rotor:** Es el elemento móvil que está ubicado dentro del estator, que consiste en un eje central que presenta imanes permanentes o en muchos casos bobinas. El rotor es aquel que produce el movimiento rotacional, esto porque al interactuar con el campo magnético se produce el movimiento.

**Bobinas:** Se denominan conductores eléctricos, que están enrollados, al estar ubicados en el estator logran generar el campo magnético que logra energizarse al aplicar una corriente eléctrica. Como también se ubican en el rotor, logran interactuar con el campo magnético del estator, lo que da como resultado el movimiento.

**Imanes:** Estos suelen estar presentes en los motores que no presentan bobinas, se denominan motores de imanes permanentes, pretenden tener casi el mismo funcionamiento que as bobinas, que es producir un campo magnético, que como el caso anterior logran generar un movimiento rotacional.

**Cojinete o rodamiento:** Su función principal es reducir la fricción y el desgaste de los componentes internos del motor eléctrico, al facilitar la rotación del eje del rotor en un movimiento más suave y con menos esfuerzo, logrando con todo esto prolongar la vida útil del motor, así como aumentar la eficiencia y rendimiento del mismo.

**Carcasa:** Como su nombre indica, es la estructura exterior del motor, encargado de proteger los elementos internos del mismo, así como tener tareas como lo es disipar el calor producidos por los elementos internos en su funcionamiento.

**Escobillas y Conmutador:** Presentes en motores de corriente continua, se encargan de tener contacto con segmentos del conmutador, todo esto con el fin de lograr invertir la dirección

de la corriente, que se dirigirá al rotor, con el objetivo de permitir el giro continuo en una sola dirección.

Estos son los componentes que conforman una motorización eléctrica, pero puede variar según las configuraciones que tenga el motor, como puede ser el diseño, el tipo o la potencia que genere el motor.

### **2.3 Batería**

Según el sitio web (NHTSA en español, n.d.) nos dice que un paquete de baterías “También denominada batería de tracción, almacena energía y suministra potencia y energía al motor eléctrico; el paquete de batería incluye una matriz de celdas de batería conectadas físicamente y hardware y software de administración de batería. Esta batería de alto voltaje es muy diferente de la batería de 12 voltios de un vehículo, que alimenta los sistemas de iluminación e instrumentación.”.

Las baterías que presenta un vehículo eléctrico tienen varias ventajas comparadas a las de un vehículo a combustión, presentan menos averías y mantenimientos, respecto a un sistema tradicional. Sin embargo, presentan algunos inconvenientes como su elevado peso, alto costo, su limitación en la autonomía y su mayor problema comparado a un vehículo convencional es el tiempo de carga de las baterías.

Según la tesis (Manuel, 2015) nos dice que “La batería es un equipo eléctrico que sirve para producir una corriente eléctrica continua a partir de una reacción química producida en su interior; así como se puede almacenar, en algunos casos, la que se ha generado por otro sistema.” (p.24).

Lo que nos trata de decir es que una batería es un dispositivo eléctrico que almacena corriente y que se genera través de una reacción química interno. Esto es importante ya que nos da a entender el principio de funcionamiento de las baterías, estas baterías son elementos fundamentales para los vehículos eléctricos, ya que en pocas palabras se puede decir que es como su combustible para su funcionamiento. Una característica destacable de las baterías es que son recargables, este aspecto es crucial en las aplicaciones modernas de estos vehículos donde la eficiencia y la sostenibilidad son primordiales.

## **2.4 Tipos de Batería**

A lo largo de la historia en la industria automotriz, han existido diferentes tipos de baterías, cada uno con características específicas con diferentes materiales de construcción, cada una teniendo sus ventajas y desventajas, pero con diferentes tipos de aplicaciones, las más comunes son:

### **2.4.1 Batería de plomo acido:**

Según (Santamaría, 2020) , “Estas baterías se componen de una disolución acuosa de ácido sulfúrico como electrolito, una placa de plomo recubierta por óxido de plomo (II),  $PbO_2$ , como electrodo positivo (cátodo) y plomo esponjoso como el electrodo negativo (ánodo).” (p.32).



**Figura 2.4.1.1:** Batería de plomo ácido  
Fuente: (GreenLine, n.d.)

Son el tipo de baterías más antiguas y las más utilizadas en la industria, Su principio de funcionamiento es mediante una reacción química entre el plomo y el dióxido de plomo, cuando existe la presencia de ácido sulfúrico con lo cual se obtiene la energía.

La principal ventaja que presentan este tipo de baterías es su fiabilidad en el uso y su bajo costo. Su uso principal es en sistemas de arranque, sistema de iluminación y el sistema de entretenimiento. Etc.

Sin embargo, las desventajas que presentan este tipo de baterías es su elevado peso y gran tamaño que presentan, lo que da como consecuencias una pérdida de rendimiento del vehículo además de necesitar un gran espacio para ubicarlas. Estas baterías presentan una menor densidad energética en comparación con otros tipos de baterías. Lo que resulta en una menor capacidad de almacenaje de energía en el mismo volumen respecto a otras.

Este tipo de baterías necesitan de un mantenimiento regular para mantener los niveles de ácido y agua óptimos para su funcionamiento, pero a pesar de todos estos inconvenientes logra compensar con su bajo costo y fiabilidad.

## 2.4.2 Batería de níquel – cadmio (NiCd):

Según (Santamaría, 2020):

“Utilizan un cátodo de hidróxido de níquel y un ánodo de un compuesto de cadmio. El electrolito es de hidróxido de potasio. El cadmio es un metal pesado muy tóxico, por lo que han sido prohibidas por la Unión Europea. Tienen una gran duración (más de 1.500 recargas) pero una baja densidad energética (50 Wh/kg), además de verse afectadas por el efecto memoria.” (p.33).



**Figura 2.4.2.1:** Batería de níquel – cadmio (NiCd)  
Fuente: (Directindustry, n.d.)

Estas baterías presentan un menor uso en aplicaciones automotrices en la actualidad, pero a través de la historia, Nos indican tuvo un uso amplio en diversas industrias, todo esto debido a que estas baterías presentaban una gran robustez y fiabilidad. Internamente estas baterías utilizan níquel y cadmio, que cumplen la función de electrodos con el uso de un electrolito de hidróxido de potasio.

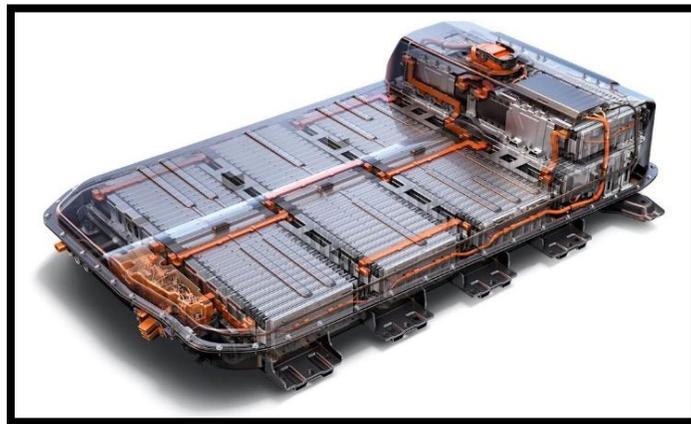
La ventaja que disponían estas baterías es su capacidad de manejo en una gran variedad de temperaturas de trabajo, así como su resistencia al uso mecánico, por este motivo su uso fue destinado a entornos desafiantes y exigentes teniendo una gran popularidad en el campo.

Sin embargo, estas presentan una amplia variedad de desventajas, mismas por las cuales no tienen un gran uso actualmente en aplicaciones automotrices, como: Presentar una menor densidad energética con respecto a otro tipo de baterías. Es decir que son menos eficientes en el almacenamiento de la energía, otro punto negativo es la presencia de cadmio en su composición que es un tipo de metal pesado y toxico que logra producir problemas ambientales significativos, además de presentar una dificultad al momento de realizar el reciclaje y eliminación de las mismas.

Presentan autodescarga excesivamente alta, y presentar el efecto de memoria, es decir cada vez que la batería no se descarga completamente antes de volver a recargar, su capacidad de almacenaje de energía se reduce drásticamente.

### **2.4.3 Baterías de Ion-Litio:**

Según (Santamaría, 2020), “Las baterías de ion Litio (Li-ion) son las más usadas actualmente por los vehículos eléctricos. También están muy presentes en teléfonos móviles, ordenadores portátiles, reproductores de MP3 y cámaras.” (p.33).



**Figura 2.4.3.1:** Baterías de Ion-Litio  
Fuente: (University of Michigan, n.d.)

Estas baterías son actualmente el referente de baterías de vehículos eléctricos e híbridos, todo esto debido a su alta densidad energética, por estas características peso es relativamente menor respecto a otras, alcanzando la misma capacidad energética con menor volumen y presentar una larga duración de uso.

Estas baterías funcionan a través del movimiento de iones de litio sobre electrodos de litio, con un cátodo de carbono a través de un electrolito. Por todos estos puntos los vehículos eléctricos o híbridos que presentan este tipo de baterías obtienen una mayor autonomía y mejor rendimiento por su alta densidad energética.

Su principal desventaja es el caso respecto a otros tipos de baterías. No funcionan correctamente en temperaturas extremas, lo que afecta directamente a su rendimiento y seguridad. A pesar de todos estos inconvenientes, con el avance de la tecnología se busca la reducción de su costo de fabricación y que cada vez sean más accesibles y eficiente en aplicaciones automotrices

#### **2.4.4 Baterías de polímero de litio:**

Según (Santamaría, 2020):

“La batería de LiPO ofrecen gran cantidad de ciclos de carga y descarga. Son muy parecidas a las de Ion-Litio, pero cuenta con un gel de electrolito en su interior en lugar del líquido de la batería de ion-litio. Una de sus principales ventajas es la flexibilidad de ser implantadas en cualquier dispositivo, por pequeño que sea. Además, esta variante de las baterías de litio presenta una mayor densidad de energía. Sin embargo, también presenta inconvenientes: son más delicadas y además más caras que las demás baterías.”



**Figura 2.4.4.1:** Baterías de polímero de litio  
Fuente: (Directindustry, n.d.)

Es una variante de las baterías de ion Litio, su principio de funcionamiento es el uso de un electrolito de polímero sólido o gel en lugar del uso de un electrolito líquido, esto permite que este tipo de baterías sean mucho más ligeras y flexibles, lo que da como resultado, una integración en diseños de vehículos compactos y ampliando su uso en otras industrias.

Por su alta densidad energética este tipo de baterías son óptimas en aplicaciones que necesiten baterías de menor tamaño, por lo que pueden ser fabricadas en una gran variedad de formas y tamaños.

Sin embargo, estas baterías presentan algunos desafíos, un coste elevado superior respecto a las baterías de iones de litio, así como pueden ser más vulnerables a daños físicos, lo que comprometería a la seguridad de los ocupantes, aumentan el riesgo de incendio o explosión si no presentan un manejo adecuado y correcto de las mismas. Es necesario un sistema de gestión de baterías avanzado. Conocido como BMS, con el fin de monitorear y mantener la seguridad durante la carga y la descarga de la misma.

A pesar de todo esto es una de las opciones más atractivas por la industria, tanto en el mercado automotriz, como la electrónica portátil, todo esto por su gran flexibilidad de diseño y rendimiento en su reducido tamaño.

#### **2.4.5 Baterías de litio (LiFePO<sub>4</sub>):**

Según (Santamaría, 2020): “Las baterías de litio (LiFePO<sub>4</sub>) son unas baterías derivadas de las de ion-litio, pero con el cátodo de litio-ferrofosfato (LiFePO<sub>4</sub>). Aunque la densidad de energía es menor que las baterías de ion-litio, éstas presentan excelentes características en seguridad, su eficiencia es mayor que el resto de baterías y ofrecen flexibilidad a la hora de la recarga aceptando variaciones de la tensión de carga.” (pp.33-34).



**Figura 2.4.5.1:** Baterías de litio (LiFePO<sub>4</sub>)  
Fuente: (Renova-energia, n.d.)

Las baterías de litio ferra-fosfato presentan grandes ventajas, como lo es su alta seguridad, esto por su gran estabilidad química y a su vez térmica, además de presentar una mayor vida útil. Presentan una gran durabilidad, así como una autodescarga baja con una gran capacidad de carga rápida, por lo que son ideales para sectores donde se necesita un uso constante de energía.

Su mayor desventaja es la menor densidad energética respecto a la batería de litio, lo que aumenta su peso y su tamaño, si es necesario almacenar grandes cantidades de energía, lo que da

como consecuencia su gran valor de compra, además su rendimiento se reduce drásticamente cuando son sometidas a climas bajos. Su uso comúnmente es en vehículo eléctricos, sistemas de baterías para energías renovables, sistemas que necesitan de una alimentación continua que no puede ser ininterrumpida, pero se sigue usando debido a su bajo mantenimiento que necesitan para su funcionamiento, así como una alta fiabilidad.

A continuación, se adjunta una imagen, que nos indica las especificaciones que presentan cada uno de los tipos de baterías, explicándonos sus mayores diferencias.

<b>Tipo de baterías reargables</b>	<b>Energía específica (Wh/kg)</b>	<b>Potencia/peso (W/kg)</b>	<b>Número de ciclos</b>	<b>Eficiencia energética (%)</b>
Plomo-ácido	10-40	33-42	400-800	50-95
Niquel-cadmio	60	150	2000	65-80
Ion-litio	100-250	300	1350	90
Polímero de litio	130-200	-	>1000	90
Litio LiFePO <sub>4</sub>	90-110	>65	>2000	92

**Figura 2.4.6:** Tabla comparativa entre baterías  
Fuente: (Santamaría, 2020) (p.34)

En la imagen de la tabla hay una comparación entre distintos tipos de baterías, indicándonos cuatro criterios que son: La energía específica, la potencia por peso, el número de ciclos y la eficiencia energética. Esta tabla nos da a entender que la batería de litio LiFePO<sub>4</sub> es la que mejores prestaciones presentan, debido a que presentan una buena capacidad de almacenamiento de energía, presentan una capacidad de entregar potencia en función de su peso significativa, presentan una mayor larga vida de la batería debido a sus números de ciclos, y proporciona una mayor eficiencia energética de almacenaje de energía que se puede recuperar durante la carga.

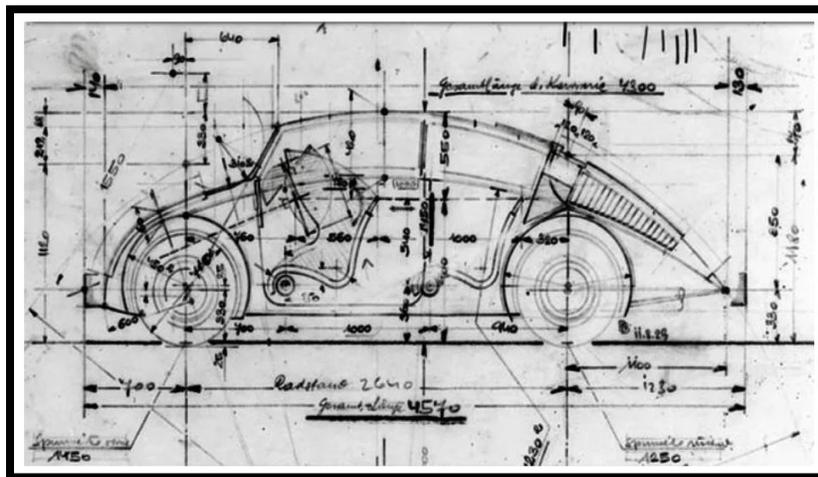
## CAPÍTULO 3

### 3.1 Historia

Según (Volkswagen, 2024):

“Corría el ya lejano año 1938 y, lógicamente, eran otros tiempos. Las naciones estaban en pleno desarrollo y las grandes mentes de la época concebían nuevas ideas que revolucionarían el devenir del mundo en todos los sectores. Uno de los inventores más importantes (y desconocidos) del momento fue Béla Barényi, ingeniero austro-húngaro al que se le atribuye la concepción del diseño original del Volkswagen Escarabajo en 1925, llamado inicialmente Volkswagen Tipo 1.

Esta fue su respuesta al deseo del gobierno alemán, que necesitaba un Volkswagen (literalmente “coche del pueblo”) lo suficientemente asequible y práctico para que la gente de a pie pudiera permitírselo. Y vaya si lo consiguió. Su icónico diseño quedaría inmortalizado para la eternidad: dos puertas, pasos de rueda abombados, un gran capó hasta la defensa delantera, faros delanteros circulares, formas redondeadas... Una imagen atemporal que hoy en día continúa siendo atractiva.”.



**Figura 3.2.1:** Concepto Volkswagen Tipo I  
Fuente: (Volkswagen, 2024)

En el año de 1938 se establece la primera fábrica de Volkswagen Escarabajo, comenzando la producción del modelo Kdf-Wagen, que sería el precursor del famoso modelo que es hoy muy conocido como Volkswagen Escarabajo, Vocho o Beetle, pero tras el inicio de la segunda guerra mundial su fábrica, se enfocó en la construcción de vehículos con fines militares.

Tras 7 largos años de espera la mayoría de las fábricas de la marca Volkswagen están bajo la ruina, pero gracias a la administración británica, lograron resurgir para la reactivación de la construcción de este modelo. En el año de 1949 el Volkswagen Escarabajo es exportado a otros mercados internacionales, logrando que en el año de 1955 se hayan fabricado la cantidad de un millón de unidades, lo que ayudo a catapultar la popularidad de este modelo, esto debido a su durabilidad, su desempeño, su simple pero eficiente mecánica por un precio razonable.

En el año de 1960 el Volkswagen Beetle logra convertirse en un icono cultural de la historia automotriz, por su diseño y su capacidad de personalización, adoptado por movimientos contra culturales de la época, y tras eso el modelo siguió evolucionando introduciendo mejoras en su motor, suspensión y frenos.

En el año de 1978 llego el cese de producción del modelo en Alemania, tras no cumplir normativas ambientales y de seguridad de la época, aunque continuo su producción en países como México y Brasil, culminando la fabricación de modelo en el año 2003, poniendo fin a uno de los vehículos más icónicos del siglo XX.



**Figura 3.2.2:** Último Volkswagen Escarabajo Fabricado  
Fuente: (Sánchez, 2021)

Según (Rodríguez J. J., 2017):

“El Volkswagen Sedán Tipo 1, mejor conocido como "Beetle", "Vocho" o "Escarabajo" (principalmente en América Latina) se convirtió en uno de los vehículos más vendidos en la historia, contando con 21.529.464 unidades, que dejó de producirse en 2003. También se ha posicionado como el automóvil más popular en todo el planeta, pues su peculiar y única figura es bien conocida. Esto ha propiciado que se vuelva un ícono en la cultura popular, apareciendo en películas, revistas, libros, etc., hasta volverse en cierta manera, un automóvil de "culto". (p.2).

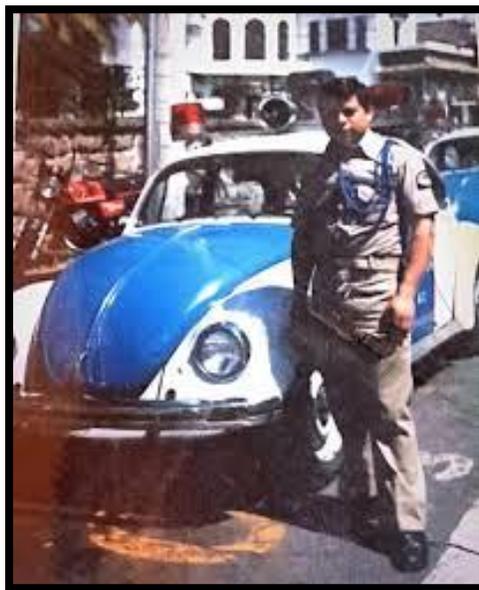
### **3.3 Introducción al Ecuador**

El Volkswagen escarabajo arribó al Ecuador en el año de 1952, marcando el inicio de un ícono en la historia automotriz del país, convirtiéndose rápidamente en el vehículo favorito de los conductores locales de la época, esto con el establecimiento de una red de distribución y servicio que apoyarían en la venta y a su vez el mantenimiento de los escarabajos en el Ecuador.



**Figura 3.3.1:** Primer Volkswagen Escarabajo en Ecuador  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón

Además de ganar popularidad rápidamente entre el pueblo ecuatoriano, El Volkswagen Escarabajo logro tener tanta aceptación y prestigio que logro ser una opción su uso como vehículo comercial o a su vez el servicio público, ganándose su puesto como patrullero en la Policía Nacional del Ecuador.



**Figura 3.3.2:** Volkswagen Escarabajo Patrullero de Ecuador  
Fuente: Miguel Ángel Galeno

### 3.4 Ficha técnica del Volkswagen Escarabajo

**Tabla 3.4.1:** Ficha técnica del Volkswagen Escarabajo 1600 A del año 1974

<b>Volkswagen Escarabajo 1600</b>	
<b>Altura (mm)</b>	1469mm
<b>Longitud (mm)</b>	4341mm
<b>Ancho (mm)</b>	1611mm
<b>Cilindrada (cc)</b>	1584cc
<b>Potencia (Cv)</b>	46.63 Cv
<b>Potencia (kW)</b>	33kW
<b>Tipo de combustible</b>	Gasolina
<b>Tamaño de deposito</b>	40 litros
<b>Tipo de Transmisión</b>	Rwd (Tracción Trasera)
<b>Tipo de carrocería</b>	Sedan Berlina
<b>Tipo de motor</b>	Motor de combustión interna
<b>Tipo de caja de cambios</b>	Manual 4 Velocidades
<b>Numero de puertas</b>	2
<b>Número de plazas</b>	4
<b>Aceleración</b>	23
<b>Velocidad máxima</b>	126 km/h
<b>Peso (Kg)</b>	840 kg
<b>Peso carga útil (Kg)</b>	380

Fuente: (Volkswagen, 2024)

### 3.5 Mantenimiento del Volkswagen Escarabajo

Este tipo de vehículo presentaba una simplicidad mecánica, lo que favorecía a los costos que presentaban en cada mantenimiento, así como presentar reparaciones relativamente fáciles y económicas. Todo esto con el uso de herramientas básicas y poco conocimiento mecánico.

**Tabla 3.5.1:** Costo de mantenimiento del Volkswagen Escarabajo 1600

<b>Costo de mantenimiento del Volkswagen Escarabajo 1600 A (x5000km)</b>			
<b>Detalle</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>
<b>Aceite 5W - 30</b>	Galón	$\frac{3}{4}$	49\$
<b>Filtro de aceite</b>		1	12.86\$
<b>Filtro de aire</b>		1	15\$
<b>Filtro de combustible</b>		1	8.62\$
<b>Gasolina</b>	Galón	11	26.4\$
<b>Total:</b>			111.88\$

Fuente: Robert Teodoro Guano Farinango

En la tabla 4.1, podemos evidenciar el costo de mantenimiento que presenta el Volkswagen Escarabajo 1600 A del año 1974, cada 5000km de recorrido, detallando los componentes que son necesarios reemplazar, para que el motor trabaje con normalidad, todo esto con el fin de garantizar un correcto funcionamiento y aumentar la durabilidad.

Es importante recalcar, esta tabla presenta el costo de un mantenimiento preventivo, sin embargo, no se toman en consideración los costos asociados a mano de obra y costos externos. Se debe considerar que el costo de mantenimiento correctivos aumenta drásticamente el valor monetario.

## CAPÍTULO 4

### 3.1 Transformación de un Volkswagen escarabajo a eléctrico

La conversión de un motor de combustión interna a una motorización eléctrica, en un Volkswagen Escarabajo 1600cc, Fue una decisión justificada, debido a que ayuda a la preservación de la historia automotriz, con la implementación de nuevas tecnologías sostenibles. Ayudando no únicamente mejorando el performance del vehículo, si no también aumentando la eficiencia del mismo, así como contribuir a la reducción de emisiones, logrando con esto cumplir las normativas ambientales que cada día son más rigurosas. Dándonos esta conversión una solución viable y beneficiosa.

#### 4.1 Motor eléctrico asíncrono

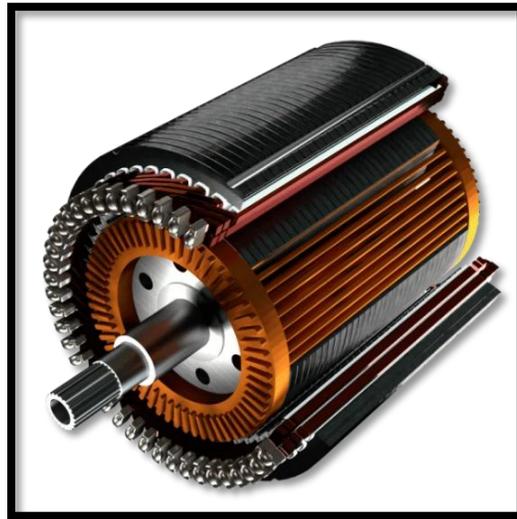
Según (Blog Motor MAPFRE, 2022):

“El motor asíncrono o de inducción es uno de los tipos de propulsores que podemos encontrar en los coches eléctricos. Se diferencian de los demás en que su estator produce una velocidad electromagnética mayor que la velocidad de giro que el rotor. Es la mejor opción si buscas que genere poco ruido o vibraciones, un bajo coste y, sobre todo, que sea fiable y eficiente.”

En general un motor asíncrono, es un tipo de motor eléctrico que utiliza corriente alterna, que es utilizado en la gran mayoría de vehículos eléctricos, pero también es utilizado en muchas industrias debido a que presenta una variedad de aplicaciones, esto es debido a su simplicidad, su dureza y el bajo costo de mantenimiento que este presenta.

Según (Blog Motor MAPFRE, 2022):

“Los asíncronos son motores de corriente alterna (AC) en los que la corriente eléctrica se provoca por inducción electromagnética del campo magnético de la bobina del estator con el fin de producir la torsión del rotor. Por tanto, no necesitan una conmutación mecánica como en el caso de los motores síncronos.”.



**Figura 4.1.1:** Motor asíncrono  
Fuente: (Oswos, n.d.)

## 4.2 Principios de Funcionamiento de un motor eléctrico asíncrono

Según (Blog Motor MAPFRE, 2022): “Cuando se aplica una corriente alterna trifásicamente en las bobinas inductoras se origina un campo magnético giratorio -denominado campo rotante- que envuelve al rotor en estado de reposo.”



**Figura 4.2.1:** Motor asíncrono  
Fuente: (Blog Motor MAPFRE, 2022)

El funcionamiento de este motor es gracias a 3 fases, estas son:

- **La generación de un campo magnético:** El motor asíncrono tiene su funcionamiento debido a la creación de un campo magnético giratorio, este se produce debido a la parte fija de este motor que es el estator, por esta parte fluye la corriente alterna que es circulada por sus bobinas.
- **La Inducción en el motor:** Debido al campo magnético giratorio, este proporciona una corriente eléctrica a la parte móvil de este motor que es el rotor, La corriente produce su campo magnético en la parte del rotor, la corriente se conecta con el campo magnético del estator, esto termina en la producción de un movimiento giratorio en el rotor, es decir que el rotor gira.
- **El Deslizamiento:** La velocidad que genera la parte del rotor, es siempre inferior a la velocidad del campo magnético giratorio que genera la parte del estator. La diferencia de velocidad que existe entre estas partes se le denomina deslizamiento, Este deslizamiento es fundamental para la producción del torque. Si se llegase a

igualar las velocidades del campo magnético del rotor y el estator, no se generaría este deslizamiento y por ende no se generaría el torque necesario para producir movimiento.

### **4.3 Componentes principales del motor eléctrico asíncrono**

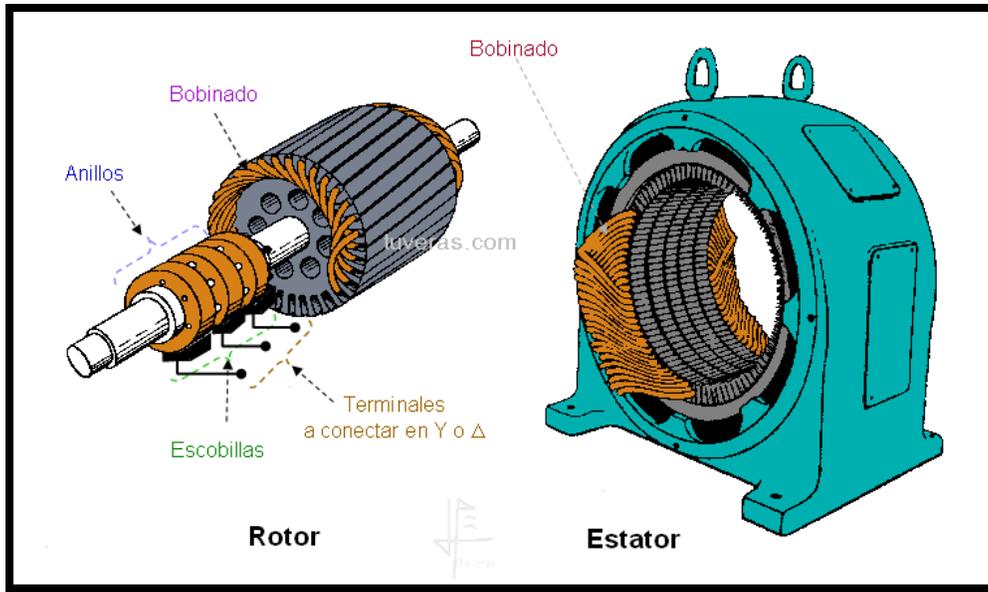
Según (MARTÍN-RIVA, 2014): “Los motores asíncronos o motores de inducción están compuestos de dos partes: el estator, que está fijo y en el que encontramos los enrollamientos conectados a la fuente; y el rotor, montado sobre un eje libre, que gira.” (p.3)

#### **Estator:**

El estator es el componente fijo, es decir que es un componente estacionario, que tiene un motor asíncrono, este posee de bobinas por las cuales fluye la corriente, que en este motor es corriente alterna.

#### **Rotor:**

El rotor es el componente móvil que tiene un motor asíncrono, es el componente fundamental en el motor eléctrico asíncrono, este componente gira dentro del estator, esto ayuda a convertir la energía eléctrica, en energía mecánica.



**Figura 4.3.1:** Componentes principales del motor eléctrico asíncrono  
Fuente: (Automatismo industrial, n.d.)

#### 4.4 Ventajas y Desventajas de un Motor Eléctrico Asíncrono

**Tabla 4.4.1:** Ventajas y Desventajas de un Motor Eléctrico Asíncrono

<b>Motor Eléctrico Asíncrono</b>	
<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Los motores eléctricos asíncronos presentan una simplicidad en la construcción, debido a que no presentan conmutadores ni escobillas, además presenta una gran robustez, es decir que tiene una gran durabilidad y soporta funcionar en condiciones difíciles.	Estos motores presentan de una velocidad fija que es preestablecida por la frecuencia que presenta la corriente de suministro, otro motivo de esta limitación de velocidad, es el número de polos que presenta el motor electrónico asíncrono.
Estos presentan un bajo costo de mantenimiento, esto es gracias a que tienen menos componentes de desgaste, y su mantenimiento es relativamente fácil.	El factor de potencia que presentan estos motores, son los menos favorables que otros tipos de motor, esto puede perjudicar la eficiencia de todo el sistema eléctrico.
Tiene un costo de operación muy bajo, los motores asíncronos son económicos, debido a que su costo de operación es relativamente bajo.	La eficiencia es mucho menor dependiendo de las cargas que se le aplique, esto puede disminuir significativamente cuando es operado en cargas parciales.
Estos motores muestran una alta fiabilidad en gran variedad de aplicaciones. Estos son uno de los tipos de motor que más se utilizan en la industria, gracias a la gran confiabilidad que contienen.	El deslizamiento que produce este motor, puede significar en pérdidas de energía, este deslizamiento también puede afectar a la velocidad, lo que produce un torque menos preciso.

Desarrollan un buen rendimiento, tal vez no sean los más eficientes, en diferentes condiciones, presentan una eficiencia destacable en diferentes aplicaciones.

La mayor desventaja es la necesidad de un sistema de enfriamiento, la operación de estos motores genera temperaturas muy altas, por lo que se necesita de sistemas adicionales para mantener una temperatura óptima de funcionamiento.

Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón

## 4.5 Kits de conversión eléctrica

KITS CONVERSION MOTOR MCI A MOTOR ELECTRICO						
HP MOTOR	MATERIAL BATERIAS	POTENCIA BATERIA	AUTONOMÍA	COSTO CONVERSIÓN	PESO	KITS
ASINCRONO 45V 25HP	Pb-Acido	10kwh	45 km	\$ 7.659,69	101,2 Kg	 EVOCHO DIDACTICO
ASINCRONO 72V 40HP	LiFePo4	15kwh	75 km	\$ 9.806,29	124,6 Kg	 EVOCHO BASE
ASINCRONO 108V 80 HP	LiFePo4	20kwh	100 km	\$ 11.422,08	155,7 Kg	 EVOCHO 100
ASINCRONO 144V 106 HP	LiFePo4	40kwh	150 km	\$ 22.458,58	263,4 Kg	 EVOCHO 150

**Figura 4.5.1:** Componentes principales del motor eléctrico asíncrono

Fuente: Autoría Edwin Morejón y Steven Morejón

La selección del kit de conversión eléctrica adecuado para un vehículo es un factor determinante para garantizar un rendimiento óptimo, especialmente en aplicaciones de alto desempeño como las carreras de cuarto de milla. La correcta elección del kit influye directamente en la potencia, autonomía, peso y costos de la conversión, lo que afecta el comportamiento dinámico del vehículo y su capacidad de aceleración. Un kit con un motor de mayor potencia permitirá una mejor respuesta en términos de velocidad y aceleración, pero también aumentará el peso y el consumo de energía, afectando la autonomía y el balance del vehículo.

Al seleccionar un kit de conversión, es fundamental considerar los siguientes aspectos:

- **Potencia del motor:** La potencia del motor eléctrico determinará la capacidad de aceleración y velocidad máxima del vehículo. Para aplicaciones en carreras de cuarto de milla, es importante seleccionar un motor con alta potencia y respuesta rápida.
- **Material y capacidad de las baterías:** Las baterías de tecnología LiFePo4 (fosfato de hierro y litio) son más ligeras y eficientes que las de plomo-ácido, proporcionando una mejor relación peso-potencia y mayor durabilidad. La capacidad de las baterías (kWh) influye directamente en la autonomía y el tiempo de funcionamiento del vehículo.
- **Peso total del sistema:** Un peso excesivo puede afectar negativamente la aceleración y la estabilidad del vehículo, especialmente en competiciones de velocidad. Es necesario equilibrar la potencia del motor con el peso de las baterías y otros componentes para lograr una distribución óptima de masa.
- **Costo de conversión:** El presupuesto disponible influye directamente en la selección del kit. Un kit más potente y eficiente generalmente tiene un costo más elevado, pero ofrece mejores resultados en términos de rendimiento.
- **Autonomía:** Para carreras de cuarto de milla, la autonomía no es un factor crítico, pero es importante para las pruebas y el transporte del vehículo antes y después de las competiciones.

En nuestro caso, se seleccionó el kit ASÍNCRONO 108V 80 HP con baterías LiFePo4 de 20 kWh debido principalmente a motivos económicos y de rendimiento. Contamos con un presupuesto de 12,000 dólares, lo que nos permitió optar por el tercer kit, que tiene un costo de \$11,422.08, quedando dentro de nuestro margen financiero. Además, el kit más potente

(ASÍNCRONO 144V 106 HP) si bien ofrece una mayor autonomía y potencia, también duplica el peso debido a que emplea el doble de baterías, lo que podría afectar el comportamiento dinámico y la aceleración del vehículo en competencias de cuarto de milla. Por esta razón, la elección del tercer kit representa un equilibrio adecuado entre costo, peso y potencia, garantizando un buen desempeño en la pista sin comprometer el balance y la estabilidad del vehículo.

## **4.6 Kit de conversión eléctrica 108V**

### **4.6.1 Vehículo**

El modelo usado para este proyecto fue el Volkswagen Escarabajo con una motorización de 1,6 litros con una potencia de 48hp, presenta la particularidad de que todo su tren motriz se encuentra en la parte trasera, por tal motivo presenta una mayor tracción, lo que nos beneficiará para cumplir los objetivos de ese proyecto, que será superar su tiempo que presenta en carreras de cuarto de milla con su motor de combustión interna.

### **4.6.2 Motor eléctrico**

Un motor eléctrico es como su nombre indica, un motor que emplea energía para su funcionamiento, esto logrando transformar la energía eléctrica que proviene de las baterías, a energía mecánica rotacional, esto lo realiza generalmente por la interacción de campos magnéticos. Su principio de funcionamiento se basa en la ley de Lorentz, que nos describe como una corriente eléctrica que pasa a través de un conductor en un campo magnético, logra generar una fuerza perpendicular tanto al campo como a la dirección de la corriente. La fuerza que se obtiene es el movimiento del eje o rotor, que nos dará el desplazamiento deseado.

El motor que usaremos en este proyecto es un motor asíncrono trifásico de 108v, esto debido principalmente a los puntos fuertes que presenta este tipo de motor, como lo es su robustez, durabilidad, diseño, costo, entre otros.

Según (OSWOS, 2024):

“El motor asíncrono también se denomina motor de inducción, ya que los motores asíncronos funcionan mediante el principio de inducción. El motor asíncrono se abrevia como ASM o IM. En el funcionamiento del motor, el rotor de un motor asíncrono funciona más lentamente que el campo magnético giratorio del estator, es decir, asíncrono al estator. La diferencia entre la velocidad del estator y la del rotor también se llama deslizamiento. Si la velocidad del rotor es igual a la del estator, el deslizamiento es nulo y el motor asíncrono no entrega ningún par positivo. En el funcionamiento del generador, el rotor gira más rápido que el campo giratorio del estator. Debido a la diferencia de velocidad, se genera un par negativo que intenta frenar el rotor. Los motores asíncronos que funcionan directamente con corriente alterna bifásica o trifásica sin inversor tienen un rendimiento menor que los motores síncronos con imanes permanentes. Sin embargo, los motores asíncronos operados con un inversor pueden alcanzar eficiencias altas similares.”.



**Figura 4.6.2.1:** Motor asíncrono trifásico  
Fuente: (Auto libre electrico, 2021)

Además, es importante conocer que por el tipo de diseño que presentan, reducirá drásticamente el mantenimiento necesario de operación, esto porque en su diseño no se requiere conmutadores ni escobillas. Lo que resultara en menos costes de operación y mantenimiento. Como dijimos previamente al presentar un diseño más sencillo, su precio es inferior respecto a otro tipo de motores, bajando los costes para la conversión.

Al usar este tipo de motor para un vehículo, lograremos aumentar la eficiencia energética, esto es principalmente por su tipo de uso, requerirá que el motor trabaje con cargas constantes, donde este motor logra ser más eficiente respecto a otros.

### **4.6.3 Controlador AC**

Según (Adrian Mendoza, n.d.):

“Los convertidores AC/DC permiten realizar, en términos generales, la conversión de corriente alterna en corriente alterna con diferentes características. En la práctica, esta

transformación se reduce a una reducción del valor eficaz de la tensión de entrada, y en algunos casos, a una reducción de la frecuencia de entrada que puede tomar únicamente algunos valores. Desde el punto de vista práctico, este tipo de convertidores se utilizan habitualmente en la construcción de arrancadores suaves para motores asíncronos, reguladores de luz, reguladores de temperatura de calderas y calentadores y otras aplicaciones industriales. A pesar de que no se utilizan demasiado en el mundo de las telecomunicaciones, resulta interesante revisar su estructura y características de funcionamiento”.



**Figura 4.6.3.1:** Controlador AC  
Fuente: (Made-in-china, n.d.)

Un convertidor AC, es de decir de corriente alterna, es un dispositivo que se usa principalmente para lograr controlar la velocidad, el torque y la dirección que deseemos que presente en este caso el motor de 108v. Es un elemento indispensable para poder modificar el desempeño del motor, ajustes como la velocidad del motor dependiendo del tipo de condiciones que presente.

Este tipo de controlador logra regular el voltaje y a su vez a frecuencia que se suministra al motor de 108v, con lo que podremos modificar e inclusive controlar la velocidad y el torque que dispone el motor eléctrico, todo esto mediante la programación de la forma de la onda de la corriente alterna que será suministrada.

#### **4.6.4 Acelerador electrónico**

Según (Lopez, 2023):

“El acelerador electrónico funciona gracias al potenciómetro, el cual mide la potencia eléctrica, que, junto a la válvula de mariposa y un sistema de control electrónico, van conectados por un sistema de cableado eléctrico. Al pisar el pedal del acelerador electrónico, manda inmediatamente información a otros componentes del vehículo, como son el motor, los sensores de velocidad e incluso la posición del acelerador”.



**Figura 4.6.4.1:** Acelerador electrónico  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón

Es importante conocer que, en un vehículo eléctrico, el acelerador electrónico es el encargado de regular la potencia del motor, esto mediante señales eléctricas, todo esto se realizara remplazando el cable mecánico que poseía el escarabajo original. Este acelerador es en realidad un potenciómetro, que mide la presión que aplica el conductor al pisarlo, esto lo convertirá una señal eléctrica variable, dependiendo de la señal el BCM será el encargado de interpretar estos datos para suministrar energía al motor, determinando la cantidad exacta.

#### **4.6.5 Bomba de Vacío**

Según (Hella, 2019):

“La bomba rotativa con paletas deslizantes, también llamada bomba de celda de aletas, es una bomba de desplazamiento pensada para tareas de presión y de admisión. El funcionamiento de la bomba de vacío se basa en el principio de compresión rotativa con paletas deslizantes. En la bomba se encuentra un rotor dispuesto de manera excéntrica respecto a la cámara de la bomba. En el rotor pueden encontrarse una o varias paletas móviles. Por medio del motor eléctrico se pone en movimiento giratorio el eje de la bomba, y con ello también el rotor. Las paletas móviles son presionadas a lo largo de la pared interior de la cámara de la bomba debido a la fuerza centrífuga y comprimen las celdas. Por todo ello, el aire se desplaza desde la zona de admisión hasta la zona de presión por las celdas formadas por la pared de la carcasa y por cada dos paletas.”



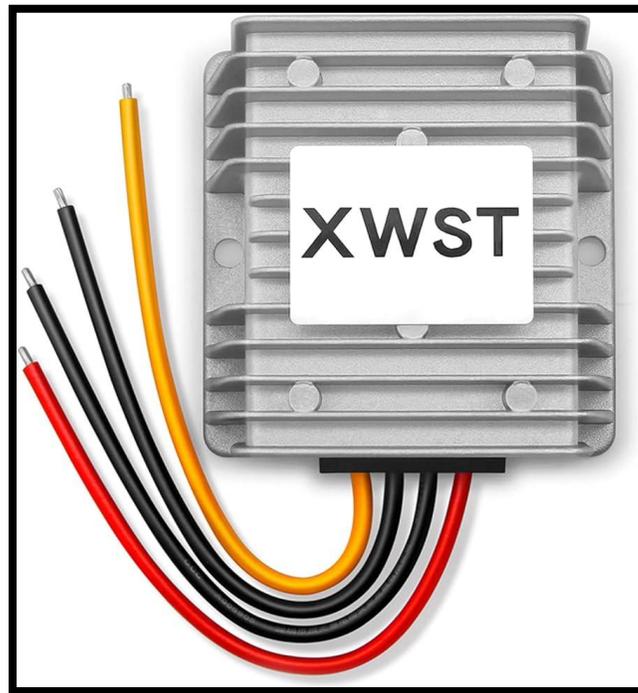
**Figura 4.6.5.1:** Kit de Bomba de Vacío Eléctrica  
Fuente: (Amazon, n.d.)

La bomba de vacío eléctrico será un elemento indispensable para este proyecto, al suspender el motor de combustión interna, será necesario instalar una bomba eléctrica para lograr suministrar la presión negativa necesaria para el correcto funcionamiento del sistema de frenos, esta bomba será alimentada por la batería de 12V, con esto aseguraremos un suministro constante de vacío necesario para los frenos.

#### **4.6.6 Convertidor DC108V DC12V**

Este es un dispositivo electrónico que logra transformar el voltaje de corriente continua de 108v a un voltaje con lo que los accesorios y otros dispositivos del auto trabajen, es decir 12 voltios. Estos tipos de convertidores son usados en vehículos eléctricos, donde es necesario transformar el alto voltaje que suministran las baterías a un voltaje inferior.

Este es un dispositivo electrónico que logra transformar el voltaje de corriente continua de 108v a un voltaje con lo que los accesorios y otros dispositivos del auto trabajen, es decir 12 voltios. Estos tipos de convertidores son usados en vehículos eléctricos, donde es necesario transformar el alto voltaje que suministran las baterías a un voltaje inferior.



**Figura 4.6.6.1:** Convertidor DC108V DC12V  
Fuente: (Amazon, n.d.)

El convertidor logra bajar el voltaje de manera eficiente usando la técnica de conmutación y regulación, esto es porque internamente presenta un transformador de conmutación, que reducirá y aislara el voltaje, esto con el circuito de regulación mantendrán la salida del voltaje estable en 12 voltios, esto sin variaciones que serían perjudiciales para los componentes eléctricos.

## 4.6.7 Cargador de Baterías

Según (Hyundai, 2024):

“Para recargar un coche eléctrico necesitamos un cargador o punto de carga. Se trata de un dispositivo cuya función es cargar las baterías que equipan los vehículos eléctricos. Sólo con las baterías cargadas el vehículo podrá circular con cero emisiones. Este punto de carga está conectado a la red eléctrica y es el que suministra electricidad a las baterías de nuestro vehículo cada vez que lo conectamos a través de un cable de carga. Este cable de carga podemos llevarlo dentro de nuestro coche o también puede ir unido al punto de carga”.



**Figura 4.6.7.1:** Cargador de Baterías  
Fuente: (Globalsources, 2024)

Este dispositivo se encargará de suministrar energía a las baterías del automóvil, todo esto con el fin de cargarlas con el fin de aumentar la autonomía de recorrido del vehículo. Actualmente existen diferentes tipos de cargadores de vehículos eléctricos, esto porque cada marca en un inicio

decidió crear un puerto de carga específica para cada uno de sus modelos, pero resumiendo estos se pueden clasificar en tres tipos que son:

- **Tipo 1:** Se los denomina cargadores de carga lenta porque generalmente usan el tomacorriente de 120v, en promedio cargan de 5 a 8 km cada hora de carga, por lo que son muy recomendables para cargar el vehículo en la noche.
- **Tipo 2:** Cargadores de carga moderada, generalmente son aquellas que usan un tomacorriente de 240v para su funcionamiento, con este tipo de cargador, cargamos en promedio de 30 a 50 km por cada hora de carga, suelen ser instalados en casas y edificios, pero principalmente se instalan en estaciones de carga pública.
- **Tipo 3:** Son los cargadores de carga rápida, también se los denomina cargadores de DC, estos a diferencia de los otros tipos, usan corriente continua para su funcionamiento, es decir corriente DC, son el tipo de cargadores que logran cargar del 15 al 80 por ciento de la batería, en tan solo 30 minutos, este tipo de cargadores solo se los encuentra en estaciones de carga rápida, esto consecuencia de los altos costos, así como que la red eléctrica debe presentar requisitos específicos en la infraestructura para su instalación.

El puerto de carga de este proyecto es un cargador de Tipo 2, esto al requerir un tomacorriente de 240v para su funcionamiento, será instalado donde previamente se depositaba la gasolina, esto con el fin de mantener la funcionalidad y la estética original del Volkswagen Escarabajo.

#### 4.6.8 Celdas de Baterías de LiFePo4

Según (Kuantica Hybrid Solar Technologies, 2022):

“LiFePO<sub>4</sub>, también llamado Fosfato de Litio Hierro, (1996), representa un inmenso avance respecto a las baterías de plomo ácido y otras baterías de ión litio en peso, tamaño, capacidad, estabilidad y esperanza de vida. Las baterías de LiFePO<sub>4</sub> son las baterías de litio más seguras ya que no se sobrecalientan y e incluso si son perforadas no se inflamarán. El material del cátodo, LiFePO<sub>4</sub>, no es peligroso y no es tóxico ni contaminante con el medioambiente. Debido al oxígeno que se asocia a la molécula, no existe el peligro de que se inflame en llamas como le ocurre al Ion Litio. Su química es tan estable que las baterías de LiFePO<sub>4</sub> pueden incluso aceptar cargas procedentes de equipos configurados para la carga del plomo ácido”.



**Figura 4.6.8.1:** Celdas de Baterías de LiFePo4  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón

Este tipo de Baterías contienen fosfato de hierro y litio y su composición, conocidas como baterías de LiFePO<sub>4</sub> logran destacarse sobre las otras principalmente por su alta seguridad, gran estabilidad térmica y una alta cantidad de números de ciclos de carga y descarga, generalmente se

encuentra entre 2000 a 3000 ciclos. El valor promedio de densidad energética es de 90 a 120 Wh/kg, que comparadas con los otros tipos de baterías de iones de litio. La gente y las empresas prefieren usar las baterías de LiFePO4 especialmente por su alta resistencia a sobrecargas y no ser tan propensas a incendios, lo cual las convierte en baterías ideales para ser implementadas en vehículos eléctricos. Otro punto fuerte es que son más ecológicas que otras baterías, esto porque en su composición presentan fosfato de hierro, que es menos toxico y su reciclaje es más fácil y menos problemáticos que el tipo de Ion Litio.

Todas estas especificaciones y características las convierten sin ninguna duda en la opción más confiable y a su vez duradera para este proyecto, donde la confiabilidad del vehículo jugara un papel clave en su aplicación en carreras de cuarto de milla.

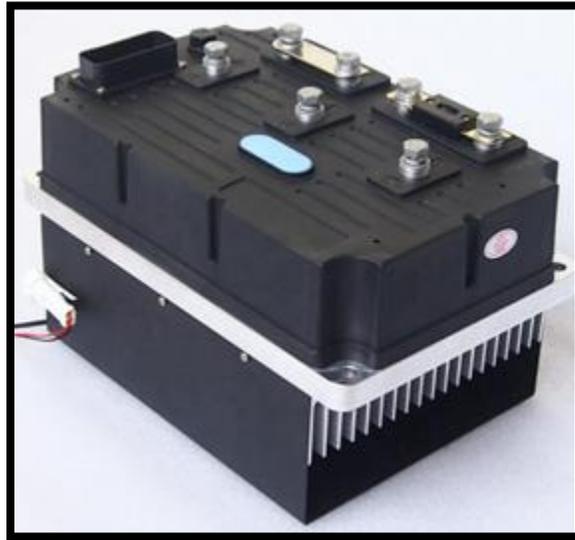
Voltaje:	108V DC
Celdas:	32
Voltaje por celda:	3.375V DC
Tipo:	Litio
Ciclos de carga:	2000
Temperatura de funcionamiento:	-20°C – 65°C
Fusiles internos:	500A (ANL)
Interruptor interno:	SI (cable negro al lado izq.)
BMS interno:	SI
Carcasa a prueba de agua:	IP65
Sockets tipo:	Anderson

**Figura 4.6.8.1:** Datos técnicos de Celdas de Baterías de LiFePo4  
Fuente: (Troya, 2022)

#### 4.5.9 Battery Management System (BMS)

Segun (Rodríguez D. G., 2015):

“Un BMS está compuesto por un hardware y un software que controlan la carga y descarga de una batería garantizando al mismo tiempo una operación confiable y segura. Esto implica el control de los niveles de corriente y tensión, de las condiciones de carga y descarga, de la limitación de la ventana de operación respecto al SOC y/o la temperatura, de la gestión térmica, del balance en tensión entre las celdas, etc, por lo tanto, un apropiado sistema de gestión es capaz de predecir la máxima energía y potencia disponible para una conexión y desconexión segura de las cadenas que mejoran su uso y por ende los costos asociados”. (p.52)



**Figura 4.6.9.1:** Battery Management System (BMS)

Fuente: (Troya, 2022)

El Sistema de Gestión de Baterías, más conocido como BMS, es un elemento indispensable en cualquier dispositivo o sistema que presente baterías para el almacenamiento de energía. Este está encargado de supervisar y gestionar la operación de la batería, todo con el fin de poder garantizar la eficiencia, longevidad y seguridad de la batería.

Además, tiene el trabajo de supervisar el voltaje, la corriente y la temperatura de la batería, supervisando que todas las celdas se encuentren trabajando en los parámetros establecidos. Otra función que presenta es el equilibrio de la carga entre todas las baterías del sistema, esto para manejar la eficiencia de la recarga y así prolongar la vida útil de la batería.

<b>Modelo:</b>	MC3336-A850- 9658-13129
<b>Fases:</b>	3 (asíncronas)
<b>Capacidad nominal:</b>	13.2 KVA
<b>Capacidad máxima:</b>	55 KVA
<b>Voltaje de entrada:</b>	80-125V
<b>Amperaje de salida:</b>	120A
<b>Corriente de salida máxima:</b>	500A
<b>Voltaje de arranque:</b>	55V
<b>Protección:</b>	IP65
<b>Refrigeración:</b>	Ventiladores (2) a 12v
<b>Control de motor:</b>	Vector control
<b>Comunicación:</b>	CAN
<b>Peso:</b>	5.7kg

**Figura 4.6.9.2:** Ficha técnica de Battery Management System (BMS)  
Fuente: (Troya, 2022)

#### 4.5.10 Sensor de Voltaje

Es aquel encargado de monitorear y gestionar la batería del vehículo, esto nos ayuda a determinar el porcentaje de carga de la batería debido a que al medir su voltaje conoceremos este valor. Con esto podremos evitar momentos de sobrecarga repentinas, que ocasionaron un daño prematuro del batería del vehículo.

### **4.6.11 Sensor de Temperatura**

Según (bannerbatterien, n.d.):

“El sistema de gestión de la energía detecta de forma continua a través del sensor parámetros como la tensión, la corriente y la temperatura. A partir de dichos valores de medición, se determinan otros indicadores importantes, como el estado de carga (SOC, State Of Charge), el estado de funcionamiento, la capacidad de arranque (SOF, State of Function) o el estado general (SOH, State Of Health) y edad de la batería y muchos más”.

Con el sensor de Temperatura podremos monitorizar la temperatura de las celdas de batería, con la función de evitar un sobrecalentamiento de estas, lo que ocasionaría un daño considerable en el sistema, así como evitar incendios. Al motorizar la temperatura el sistema tendrá conocimiento para ajustar las tasas de carga y a su vez la tasa de descarga de cada una las baterías. Con esto podremos evitar la existencia de puntos calientes dentro del sistema, que aumentarían la probabilidad de fallos o cortocircuitos.

### **4.6.12 Pantalla digital**

La pantalla digital que presentara el Volkswagen Escarabajo es un componente crucial en esta conversión, esto porque nos proyectara a tiempo real algunos parámetros del vehículo, como estado de las baterías, errores, porcentaje de carga, voltaje de cada celda de batería y el estatus del vehículo, donde a través de colores nos indicara el estado general y si es posible encender el vehículo.



**Figura 4.6.12.1:** Pantalla digital

Fuente: (Troya, 2022)

### **4.6.13 Carcasa para las baterías**

La carcasa o empaque de las baterías tendrá la función de proteger todas las celdas de baterías de daños, además de proporcionar un aislamiento contra las vibraciones que el vehículo pueda generar. Otra función es la gestión térmica, ya que nos ayudara a disipar el calor generado por las celdas, así como separar las baterías del piloto del vehículo.



**Figura 4.6.13.1:** Carcasa para las baterías  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón

## **4.7 Elementos Fabricados para la adaptación de un motor eléctrico**

### **4.7.1 Placa adaptadora**



**Figura 4.7.1.1:** Placa Adaptadora  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón

La placa adaptadora tiene la función de generar un espacio entre el motor eléctrico y la transmisión del vehículo, gracias a esta podemos ajustar la posición del motor eléctrico en relación

con la caja de cambios, es un elemento fundamental ya que las dimensiones del motor eléctrico son diferentes a las de combustión interna original. Esta placa también nos ayuda a alinear el eje del motor eléctrico con el eje de entrada de la caja de cambios, es obligatorio tener una alineación precisa entre estos ejes, esto es debido a que evitamos vibraciones y un desgaste prematuro.

### **4.7.2 Acople Caja-Motor**

Este elemento cumple la función de transmitir la potencia que genere el eje de salida del motor eléctrico al eje de entrada de la transmisión del vehículo, esto nos permite transmitir la potencia del motor a la caja de cambios. Este acople nos permite convertir el movimiento rotacional que genera el motor eléctrico, para que sea compatible con la entrada de la caja de cambios.

Este elemento nos ayuda también a amortiguar las vibraciones, ya que puede absorber y reducir las vibraciones que se generan durante la operación de los mismo, esto nos permite proteger el motor eléctrico y la transmisión del vehículo.



**Figura 4.7.1.1:** Acople Caja Motor  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón

## 4.8 Desarmado del vehículo

En esta fase de la conversión del motor de combustión interna a eléctrico, se retiran meticulosamente las partes del Volkswagen Escarabajo que ya no serán necesarias en el vehículo, donde las partes que se retirarán principalmente serán el motor de combustión interna y los componentes que se asocian a él. Todo este trabajo toca realizarlo con cuidado para no dañar o romper otros componentes necesarios para la conversión.

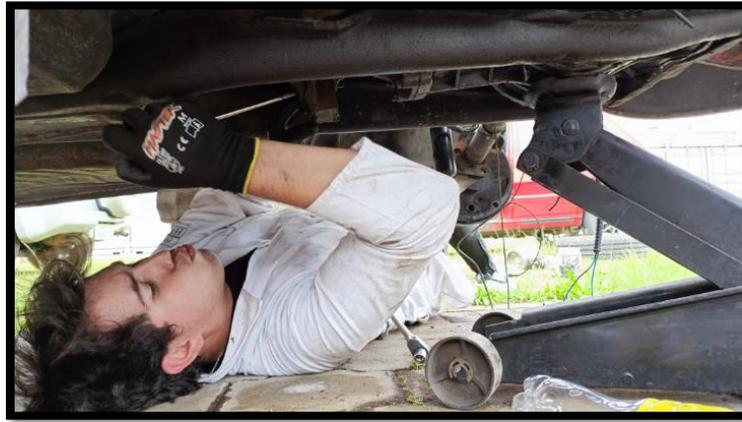


**Figura 4.8.1.1:** Estado inicial del proyecto  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón

El primer paso para esta transformación es tener las herramientas necesarias que se utilizaron para desmontar el motor del Volkswagen Escarabajo, estas son llave de 17mm, una Llave Allen de 5 mm y 6 mm, un dado de 17 mm con su respectiva llave de racha.

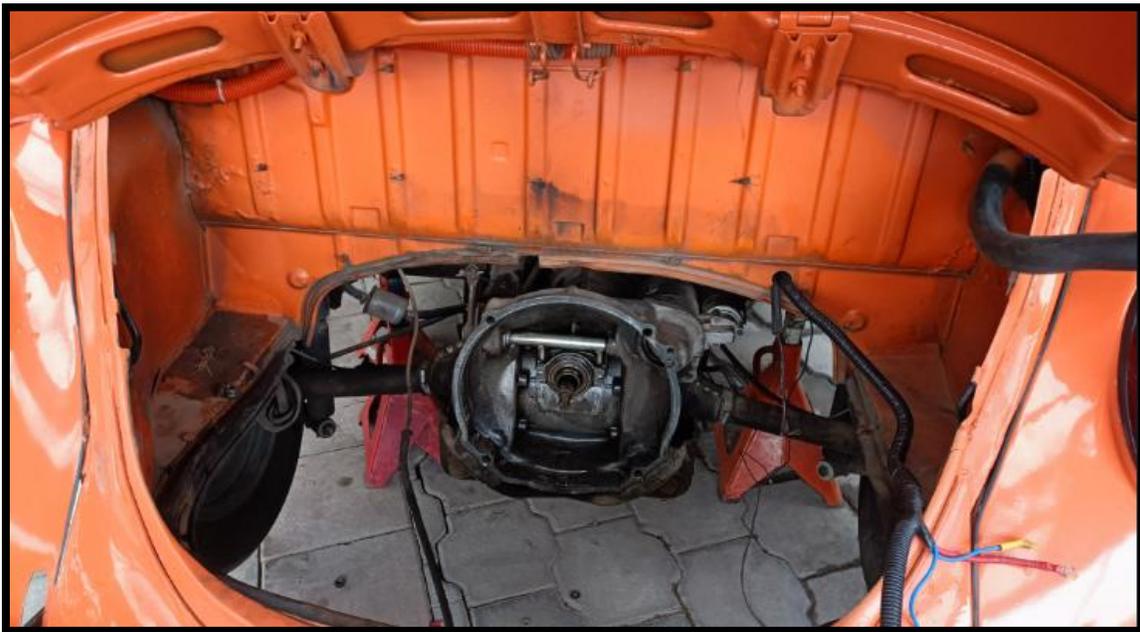
El primer paso fue levantar el vehículo, dependiendo de las herramientas que disponga puede ser levantado en elevador o con una gata hidráulica. Una vez levantado el siguiente paso fue desconectar la batería del automóvil, después de eso se desconectaron todas las conexiones eléctricas que presenta el motor, como lo es el cable del trompo de aceite, el cable del motor de arranque, entre otros. Después de desconectar los cables eléctricos, con un destornillador plano se aflojo el cable del acelerador, y separamos la línea de combustible del carburador. Luego, fue

necesario separar todos los embellecedores que presenta el motor. El siguiente paso de fue separar primero el motor de arranque y luego desconectar el motor de la caja.



**Figura 4.8.1.2:** Desmontaje de motor y caja de cambios  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón

Una vez que se separó el motor de la transmisión se aplicó una pequeña fuerza con el fin de desacoplar el motor del vehículo y así asegurarlo en el gato hidráulico. Con esto, se logró bajar el motor de manera controlada y así completar el primer paso de esta conversión.



**Figura 4.8.1.3:** Bahía del motor del Volkswagen Escarabajo  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón



**Figura 4.8.1.4:** Desacople de motor  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón

El segundo paso de esta transformación fue la separación de la transmisión con el vehículo, para esto, primero se desconectó los pernos de las llantas traseras, esto con el fin de desmontar las ruedas el vehículo. Se desconecto la línea de líquido de freno, el cable del freno de mano y a su vez se separó la palanca de cambios de la transmisión.

Después de todo esto se desconecta todo lo que esté conectado al eje y la transmisión, como lo es los amortiguadores, los soportes de las cajas, el cable del embrague entre otros.



**Figura 4.8.1.5:** Desmontaje de línea de frenos  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón

Con todo esto realizado, bajamos la transmisión del vehículo, es importante recalcar que no separamos los ejes de la transmisión, esto fue principalmente para trabajar con más comodidad en el siguiente paso, que es el desmontaje de los ejes de la transmisión.

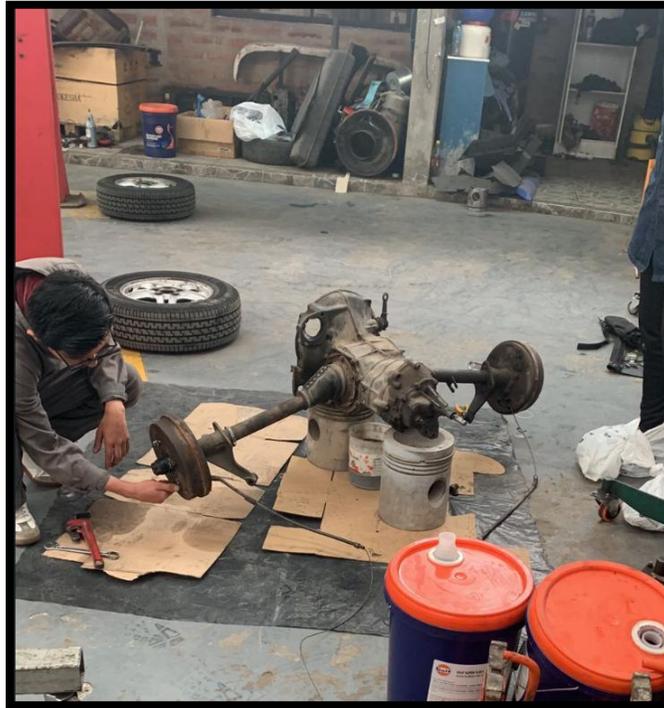


**Figura 4.8.1.6:** Desmontaje de transmisión (1)  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón



**Figura 4.8.1.7:** Desmontaje de transmisión (2)  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón

El tercer paso fue la separación de los ejes de la transmisión, para esto primero desarmamos los frenos de tambor, después de esto se aflojo los pernos de los ejes para quitar los seguros internos que presentan en su interior, con todo esto cumplido se realizó una pequeña fuera para separar y el eje de la caja de cambios.



**Figura 4.8.1.8:** Separación de ejes (1)  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón



**Figura 4.8.1.9:** Separación de ejes (2)  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón

Con todo esto realizado, el último paso fue quitar todos los elementos que ya no se usarían después de instalar el motor eléctrico, como el filtro de gasolina, líneas de combustible, el pedal del acelerador, el cable del pedal del acelerador y el arnés eléctrico.



**Figura 4.8.1.10:** Filtro de Combustible  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón



**Figura 4.8.1.11:** Cable y Pedal del Acelerador  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón

Realizado todo esto completamos el desarmado necesario, previo a la instalación del motor eléctrico con las nuevas baterías.

#### **4.8.2 Modificaciones para mejorar el desempeño en carreras de cuarto de milla**

Para lograr mejorar el rendimiento del vehículo en carreras de cuarto de milla, se realizó un aligeramiento del peso total del automóvil, donde se procedió con el desmontaje de los asientos, tanto delanteros como posteriores, la alfombra del piso, así como el tapizado del techo, el equipo de audio donde se retiró la radio y los parantes, la consola del interior y por último se retiró el tanque de combustible, ya que este último no será utilizado para cuando el vehículo presente un motor eléctrico.



**Figura 4.8.2.1:** Interior de vehículo antes  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón



**Figura 4.8.2.2:** Interior del vehículo después  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón

Eliminado esto logramos eliminar el siguiente peso:

**Tabla 4.8.2.1:** Peso de elementos eliminados

<b>Pieza</b>	<b>Peso (kg)</b>
<b>Asientos Delanteros</b>	30 kg
<b>Asientos Posteriores</b>	15 kg
<b>Alfombra de piso</b>	3 kg
<b>Tapizado de techo</b>	2 kg
<b>Tanque de combustible</b>	10 kg
<b>Equipo de sonido</b>	5 kg
<b>Total:</b>	65 kg

Fuente: Autoría Edwin Morejón y Steven Morejón

En la Tabla 4.8.2.1 podemos observar el peso de los diversos elementos que fueron eliminados del Volkswagen escarabajo, eso nos indica una reducción de peso significativo del peso

total de vehículo, lo que contribuye de manera positiva a mejorar el rendimiento del automóvil en las pasadas que realizara en las pruebas de cuarto de milla.

#### **4.9 Armado del vehículo**

Para integrar el motor eléctrico con la transmisión, se utilizó un acople y una plancha de unión previamente fabricados. Dado que el Volkswagen Escarabajo carece de bases de motor específicas, simplemente se reinstaló el motor en la bahía del vehículo. Posteriormente, se montó el Sistema de Gestión de Baterías (BMS) en la parte superior del motor. Se procedió a instalar el pedal de acelerador eléctrico y la bomba de frenos eléctrica.



**Figura 4.9.1:** Unión Motor Eléctrico, Caja del vehículo

Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón



**Figura 4.9.2:** Instalación de Ejes a la caja  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón

Las baterías se ubicaron en la parte trasera del vehículo y se realizó el arnés eléctrico, conectando todos los componentes del sistema conforme al diagrama de funcionamiento del sistema eléctrico.

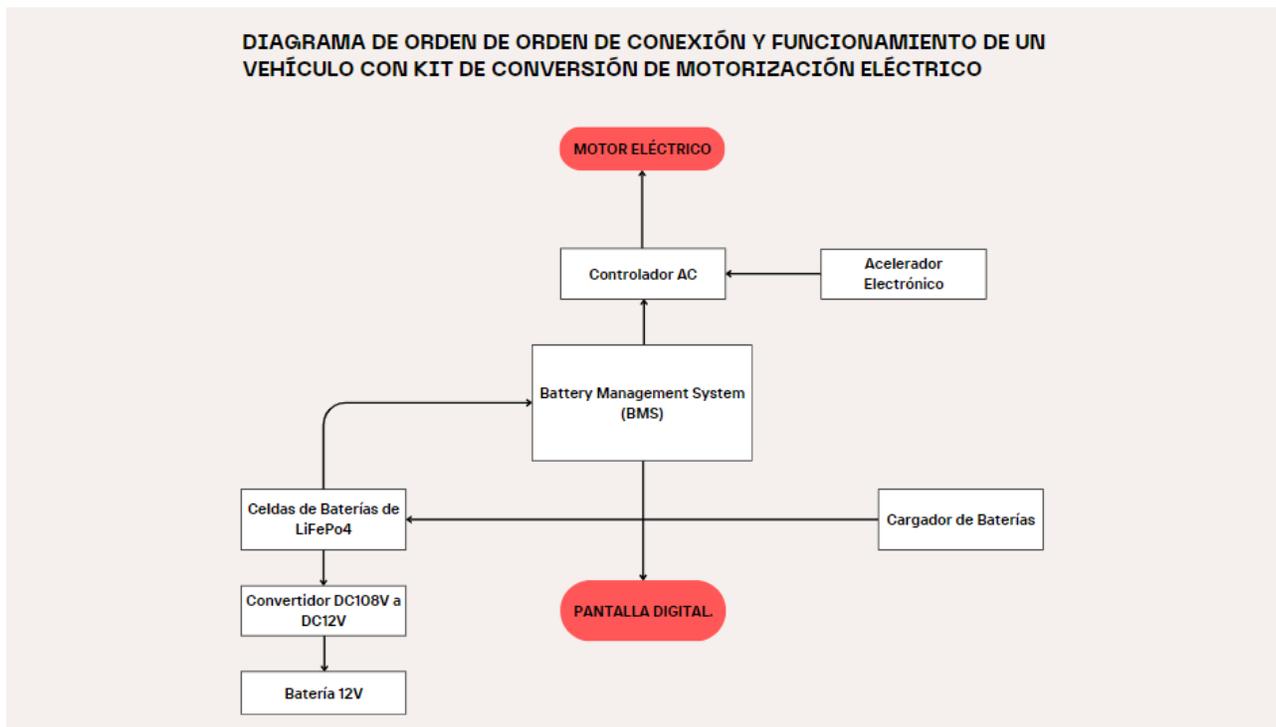


**Figura 4.9.3:** Instalación de Baterías de Litio LiFePO4  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón

Una vez completada la instalación física, el equipo de Roco Performance llevó a cabo la programación del sistema. Esta programación se centró en optimizar el vehículo para carreras de cuarto de milla, priorizando la entrega de potencia sobre la autonomía.

#### 4.10 Diagrama de orden de Orden de Conexión y Funcionamiento de un vehículo con kit de Conversión de motorización eléctrico

En la fase de convertir un vehículo de combustión interna a un vehículo de motorización eléctrica implica la instalación de varios componentes electrónicos que trabaja en conjunto, que son necesarios para el motor eléctrico, esto es debido a que cumplen la función de almacenar, gestionar la energía eléctrica, a continuación, se va a presenta el orden de conexión y funcionamiento que presentan estos componentes en el funcionamiento del motor eléctrico:



**Figura 4.10.1:** Diagrama de orden de Orden de Conexión y Funcionamiento  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón

El funcionamiento y conexión que presenta este sistema de conversión de motorización eléctrica, trabaja de la siguiente manera: Todo el sistema empieza con el Cargador de Baterías, el cual se conecta a una fuente de energía externa, que nos permite cargar las Celdas de Batería de LiFePo4. Estas son las encargadas de almacenar la energía eléctrica, esta energía es dirigida al Battery Management System (BMS), El BMS es un gestor que supervisa, gestiona y equilibra la carga de las celdas de batería, con el fin de asegurar un correcto funcionamiento seguro y eficiente.

El BMS también encarga de gestionar el flujo de energía que va al Controlador AC, este actúa como un intermediario entre el Motor eléctrico y la Batería. El controlador AC tiene la función de controlar y regular la potencia y el flujo de corriente que alimenta al motor eléctrico, ajustando la velocidad y el toque de acuerdo a las señales que le transmite el Acelerador Electrónico, estas señales son órdenes dadas por el pedal del acelerador. Al mismo tiempo el BMS proporciona datos que sirven para monitorear el estado del motor eléctrico a la Pantalla digital, Esta pantalla nos muestra información en tiempo real sobre el estado del vehículo, como por ejemplo la carga de la batería o parámetros operativos.

Las celdas de Baterías de LiFePo4 alimentan también de energía al Convertidor DC108V a DC12V, este se encarga de transformar el voltaje alto que da las baterías, a un voltaje bajo que es obligatorio para suministrar energía a los sistemas auxiliares del vehículo, como las luces o el radio, este convertidor también transmite energía a la Pantalla Digital.

Un resumen general de del orden de conexión y funcionamiento es:

1. El cargador de Baterías, suministra de energía a las Celdas de Batería de LiFePo4.
2. Las celdas de Baterías de LiFePo4 DAN ENERGIA AL Battery Management System (BMS).

3. El Battery Management System (BMS) se encarga de gestionar la energía y la distribuye al Controlador AC.
4. El Acelerador Electrónico envía señales al Convertidor Ac, esto con el fin de controlar la velocidad del Motor Eléctrico.
5. El controlador AC también regula la energía que va al Motor eléctrico, esto nos permite dar movimiento al vehículo.
6. El Convertidor DC108V a DC12V transforma la energía que nos da las Celdas de Batería de LiFePo4, para alimentar los sistemas auxiliares del vehículo.
7. La pantalla Digital nos muestra información en tiempo real, que nos proporciona la BMS

#### **4.11 Prueba de desempeño (1/4 de milla)**

La prueba de desempeño de un vehículo con conversión eléctrica es esencial debido a varios aspectos, primero nos ayuda a verificar si la adaptación de una motorización eléctrica a un vehículo de motor de combustión interna, fue correcta, con esto comprobamos si todos los nuevos elementos eléctricos están correctamente instalados, esto nos ayuda a ver si existen problemas mecánicos, incluso a evitar daños prematuros.

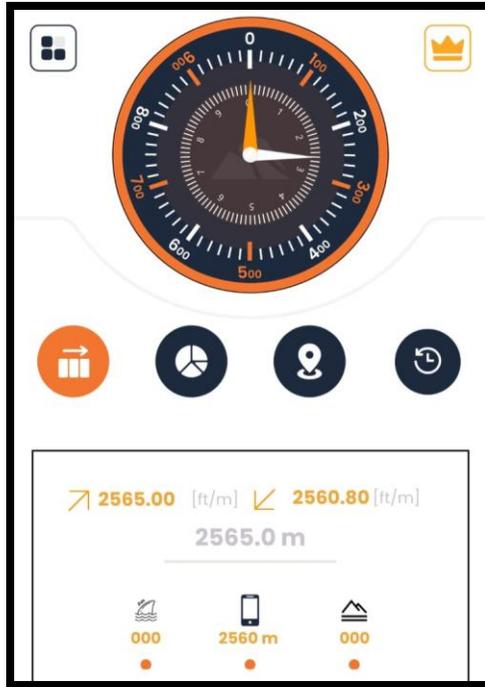
La prueba de rendimiento nos ayuda evaluar el nuevo desempeño que presenta el vehículo eléctrico, con aspectos como la aceleración, con estos valores se compara el rendimiento que presentaba el vehículo con su motorización original, con esto podemos visualizar la eficacia que presenta la conversión eléctrica, con estos resultados podemos destacar si hubo mejoras en el rendimiento.

Esta prueba nos ayuda a visualizar el comportamiento del nuevo sistema de propulsión eléctrica, bajo condiciones de alta demandan, con estos tiempos podemos hacer una comparación con vehículos eléctricos y de combustión que existen en el mercado nacional.

Nos ayuda a monitorear el nuevo sistema eléctrico y mecánico, monitoreando las temperaturas de los componentes y ver si existe problemas de sobrecalentamiento, también podemos visualizar el consumo de energía que tiene cada pasada de  $\frac{1}{4}$  de milla, con esta información podemos analizar la capacidad energética de las baterías.

#### **4.11.1 Prueba con motor original.**

Antes de realizar la conversión, realizamos la respectiva prueba de  $\frac{1}{4}$  de milla, con esta información podemos comparar el desempeño que tiene el vehiculo con el motor original, las pruebas se realizaron en el Valle de los chillos, en una zona urbana con muy poco tránsito vehicular, en la siguiente figura se podrá ver la ubicación de la prueba de  $\frac{1}{4}$  de milla a una altura estimada de 2565 msnm.



**Figura 4.11.1.1:** Altura en la cual se realizado la prueba  
 Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón



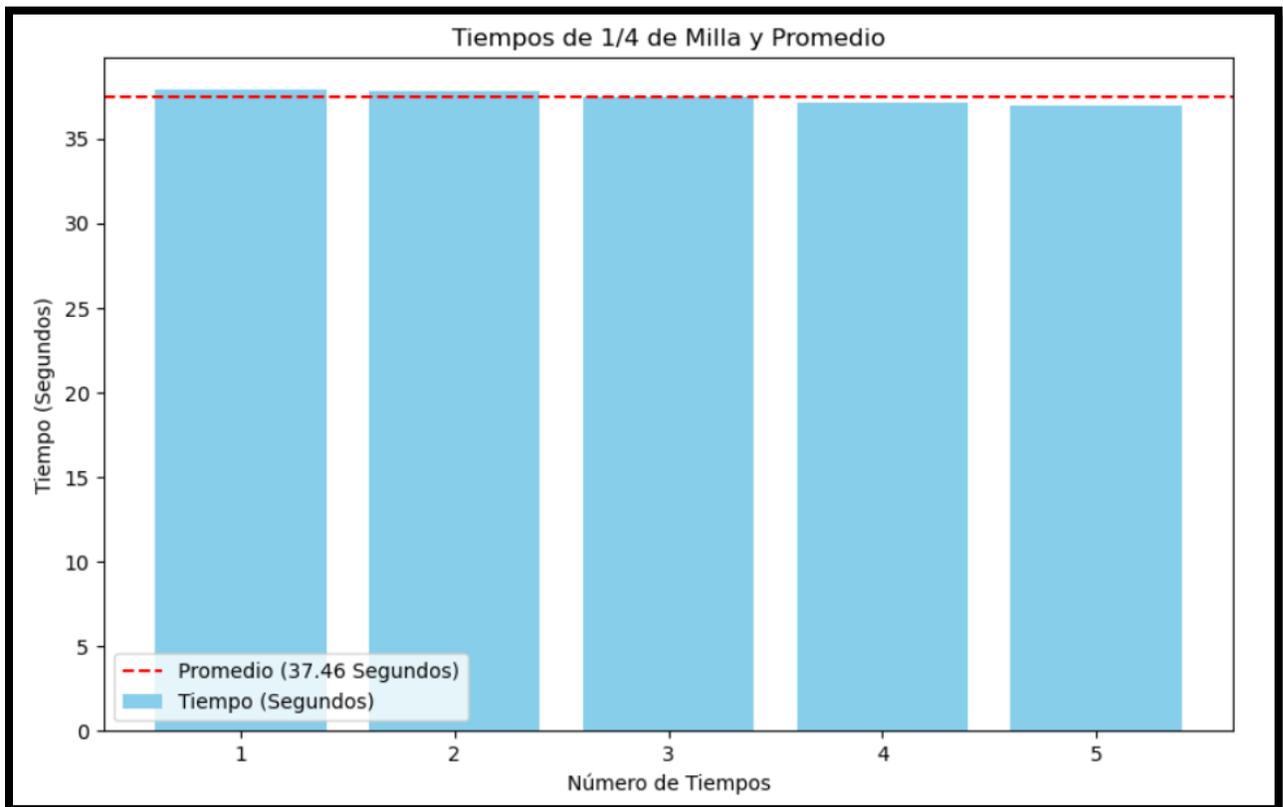
**Figura 4.11.1.2:** Prueba de ¼ de milla  
 Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón

La prueba de ¼ de milla se la realiza 5 veces con el motor original para generar un promedio de tiempo. Estas pruebas nos ayudan a tener una base de comparación para evaluar la eficacia de la conversión. Los resultados fueron:

**Tabla 4.11.1.1:** Prueba de ¼ de milla Motor original

<b>Prueba de ¼ de milla Motor original</b>		
<b>Nº de tiempos</b>	<b>Tiempo (Segundos)</b>	<b>Desviación del promedio</b>
<b>1</b>	37.89s	0.43
<b>2</b>	37.80	0.34
<b>3</b>	37.49	0.03
<b>4</b>	37.13	-0.33
<b>5</b>	36.99	-0.47
<b>Promedio</b>	37.46	

Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón



**Figura 4.11.1.3:** Grafico de barras de Prueba de ¼ de milla motor original

Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón

Esta tabla nos indica cada uno de los tiempos obtenido en los numero de pasadas en las pruebas de ¼ de milla. Tenemos un promedio de tiempo de 37.46 segundos, con este dato vamos a comparar la eficacia que tiene la conversión a motorización eléctrica que tiene el vehiculo.

En el grafico podemos observar que no existe mucha desviación de los tiempos comparando al tiempo promedio, la diferencia de tiempos puede ser debido a varias condiciones como del vehiculo, la pista o del propio conductor, estos factores son cruciales al momento de obtener los resultados precisos en pruebas de rendimiento.

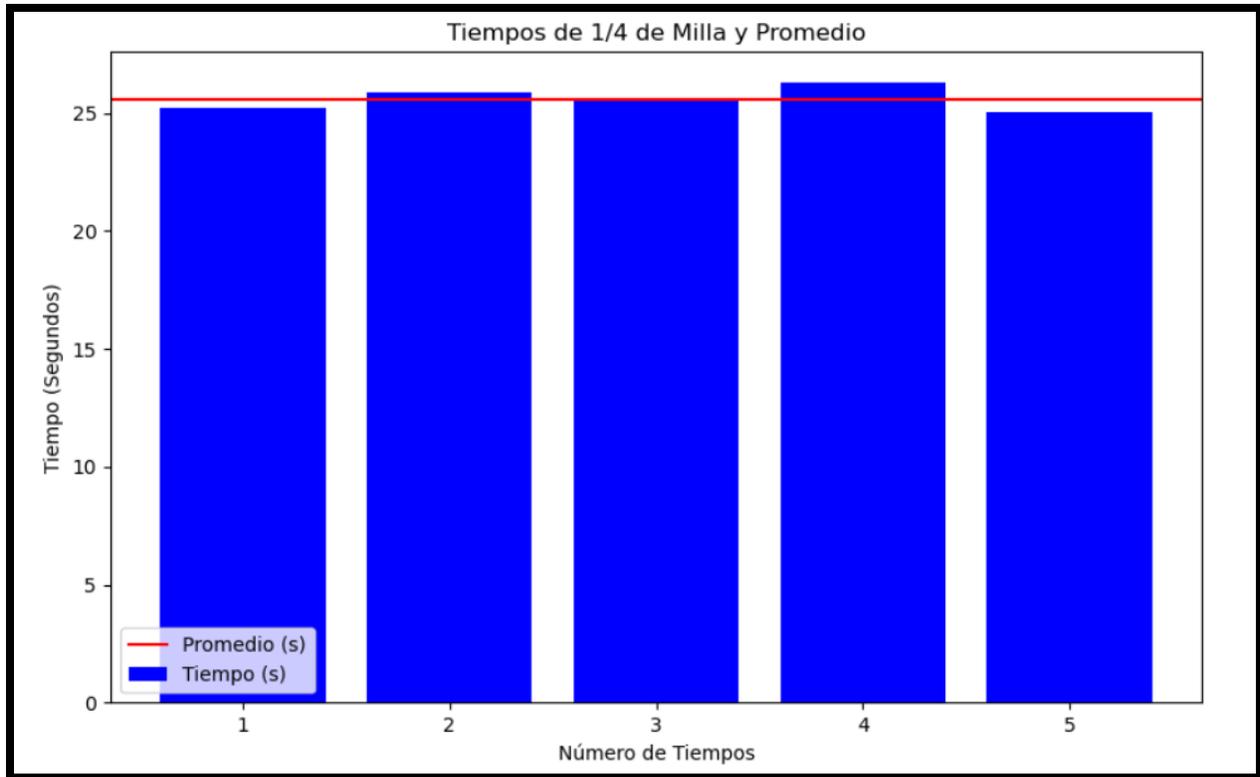
#### 4.11.2 Prueba con la motorización eléctrica.

Las pruebas con el nuevo motor eléctrico, se las realizaron con las mismas condiciones que con el motor original, mismo lugar, altura y conductor. Con esta prueba podemos verificar si todas las instalaciones eléctricas se las realizaron de correcta manera, también podemos ver el comportamiento que presenta la transmisión con su nuevo tren motriz, debemos recalcar que no se deber quedar acelerado mucho tiempo en la primera velocidad, debido a que si se presenta un número elevado de las revoluciones del motor eléctrico, no se va a poder cambiar a segunda velocidad, por este motivo las pruebas se realizan desde la segunda velocidad, los resultados de la prueba con la motorización eléctrica son:

**Tabla 4.11.2.1:** Prueba de ¼ de milla Motor eléctrico

<b>Prueba de ¼ de milla Motor eléctrico</b>		
<b>Nº de tiempos</b>	<b>Tiempo (Segundos)</b>	<b>Desviación del promedio</b>
<b>1</b>	25.22	-0.37
<b>2</b>	25.87	0.28
<b>3</b>	25.54	-0.05
<b>4</b>	26.29	0.70
<b>5</b>	25.02	-0.57
<b>Promedio</b>	25.59	

Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón



**Figura 4.11.2.1:** Grafico de barras de Prueba de ¼ de milla motor eléctrico  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón

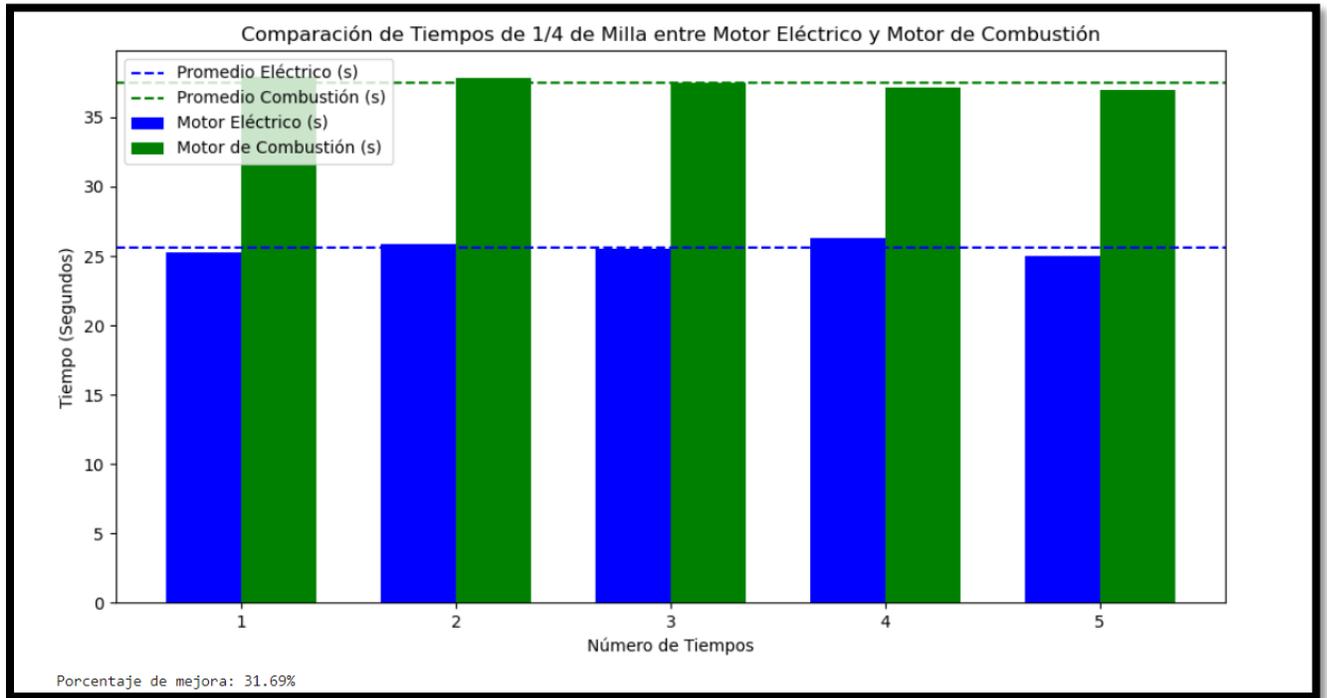
**Tabla 4.11.2.2:** Comparación de Prueba de ¼ de milla

<b>Comparación de tiempos de Pruebas de ¼ de milla</b>		
<b>Nº de tiempos</b>	<b>Tiempo (Segundos) Motor eléctrico</b>	<b>Tiempo (Segundos) Motor de combustión</b>
<b>1</b>	25.22	37.89s
<b>2</b>	25.87	37.80
<b>3</b>	25.54	37.49
<b>4</b>	26.29	37.13
<b>5</b>	25.02	36.99
<b>Promedio</b>	<b>25.59</b>	<b>37.46</b>

Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón

Realizada las pruebas, podemos evidenciar que, si existe una gran mejora en las pruebas de desempeño, pasamos de tener un tiempo de ¼ de milla de 37.46 segundos con un motor de combustión interna, a presentar un tiempo de 25.59 segundos con la motorización eléctrica, es

decir el resultado total de mejora de desempeño del vehículo es del 31.67%. Con esto logramos un objetivo del proyecto que es mejorar el desempeño de un Volkswagen escarabajo 1600 A.



**Figura 4.11.2.2:** Grafico de barras de Prueba de Comparación de pruebas ¼ de milla  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón

## 4.12 Costo operativo de funcionamiento de una motorización eléctrica

Para calcular el costo de cargar la batería, primero determinamos la capacidad de la batería en kilovatios-hora (kWh). Sabemos que la batería tiene un voltaje total de 108V y está compuesta por 32 celdas, cada una con un voltaje de 3.375V. Calculamos la capacidad en amperios-hora (Ah) dividiendo el voltaje total por el voltaje por celda, lo que nos da 32 Ah. Luego, convertimos esta capacidad a kWh multiplicando los 32 Ah por el voltaje total (108V) y dividiendo entre 1000, obteniendo 3.456 kWh. Finalmente, multiplicamos esta capacidad por la tarifa de carga en Ecuador

en el año de 2024 es de USD 0,72 por kWh, resultando en un costo de aproximadamente USD 2,49 para cargar completamente la batería.

#### **4.13 Desafío técnico identificado en las pruebas**

Durante el desarrollo de este proyecto de conversión de un vehículo de combustión interna a motorización eléctrica, se realizaron múltiples pruebas y ajustes para garantizar el correcto funcionamiento del sistema eléctrico y su integración con la estructura del automóvil. Sin embargo, tras completar las pruebas de desempeño en el cuarto de milla, se identificó un problema crítico en la suspensión trasera del Volkswagen Escarabajo utilizado en la conversión. A lo largo de su vida útil, este vehículo sufrió modificaciones previas a la implementación del sistema eléctrico, incluyendo un cambio en su suspensión, lo que alteró significativamente su capacidad para soportar cargas adicionales. Esta modificación, que en su momento pudo haber sido realizada con el propósito de mejorar la estabilidad o la conducción, resultó ser incompatible con el peso agregado por el motor eléctrico (54 Kg) y de las baterías (89.2 Kg), pero debemos añadir todos los elementos que son fundamentales en el funcionamiento del paquete de baterías, el peso de todo el sistema de baterías (101.7 Kg) en comparación al peso del motor a combustión (95.6 Kg), afectando negativamente la altura del vehículo y comprometiendo su movilidad.



**Figura 4.13.1:** Problema de suspensión  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón

La altura del del vehiculo varía debido a sus diferentes tipos de modelo y las condiciones para las que fueron diseñados.

El peso del sistema de propulsión eléctrica, compuesto por el motor y el paquete de baterías, generó un esfuerzo mayor sobre los componentes de la suspensión trasera. Al tratarse de una suspensión diseñada para un vehículo con una distribución de peso diferente, la estructura no pudo soportar la nueva carga de manera eficiente, provocando el colapso parcial de los amortiguadores y barras de suspensión. Como consecuencia, la parte trasera del automóvil descendió hasta el punto en que el motor eléctrico toca el suelo, imposibilitando su desplazamiento sin riesgo de daños estructurales adicionales. Este problema, identificado tras la culminación de las pruebas, impide que el vehículo pueda ser trasladado de manera segura.

Es importante destacar que este inconveniente no afecta los resultados obtenidos ni los objetivos alcanzados dentro de la investigación. La conversión del vehículo demostró ser exitosa en términos de desempeño, eficiencia y aceleración, cumpliendo con las expectativas planteadas al inicio del proyecto. El problema identificado forma parte de los desafíos técnicos que surgen en este tipo de conversiones y representa una oportunidad de mejora para futuras adaptaciones. La implementación de una suspensión más robusta, adaptada al nuevo sistema de propulsión, permitiría no solo solucionar el problema de la altura del vehículo, sino también optimizar su estabilidad y comportamiento dinámico en competencias de cuarto de milla.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

En conclusión, aunque la adaptación de un motor de combustión interna a uno eléctrico para carreras de cuarto de milla implica una inversión significativa debido a los costos del motor eléctrico, los componentes adicionales, y los gastos asociados a la instalación, los beneficios obtenidos en términos de desempeño justifican ampliamente este esfuerzo. El motor eléctrico no solo proporciona una aceleración más rápida y un mejor tiempo de reacción, sino que también ofrece un rendimiento más consistente y fiable durante las carreras. A pesar de los costos iniciales elevados, la considerable mejora en el desempeño del vehículo convierte esta conversión en una opción atractiva para aquellos que buscan optimizar su competitividad en eventos de cuarto de milla.

La adaptación de un motor de combustión interna a una motorización eléctrica en el Volkswagen Escarabajo ha demostrado ser una opción viable y eficiente para mejorar los tiempos en pruebas de  $\frac{1}{4}$  de milla, destacándose como uno de los mejores resultados obtenidos en el país para este modelo de vehículo con dicha conversión. El tiempo registrado durante las pruebas fue de 25.02 segundos, lo cual constituye una mejora significativa respecto a la motorización original. Esta medición ha sido validada mediante rigurosas pruebas de campo, las cuales corroboran la efectividad de la conversión a motorización eléctrica. El rendimiento obtenido no solo resalta la capacidad del vehículo adaptado, sino que también establece un punto de referencia crucial para futuras modificaciones y optimizaciones del sistema de propulsión eléctrica. A partir de este tiempo base, es posible trazar objetivos de mejora continua, con el fin de alcanzar el objetivo de

reducir el tiempo de  $\frac{1}{4}$  de milla a menos de 20 segundos, mediante ajustes en la aerodinámica, el control de potencia, dinámica del vehículo y otros aspectos técnicos.

En conclusión: Este proyecto demuestra el potencial de la motorización eléctrica en competencias de alta exigencia, impulsando el desarrollo de vehículos eléctricos de alto rendimiento y estableciendo una base sólida para la innovación en este ámbito dentro del contexto de las carreras de aceleración. Además, se ha analizado el costo involucrado en la adaptación del motor de combustión interna a un sistema eléctrico, el cual incluye el motor eléctrico, los componentes adicionales necesarios, y los costos de instalación. El costo total de todos estos elementos asciende a 12,000 dólares, lo que proporciona una referencia clave para evaluar la viabilidad económica de futuras conversiones similares.

La conversión del Volkswagen Escarabajo de un sistema de combustión interna a motorización eléctrica fue completada con éxito, cumpliendo con los objetivos planteados en este proyecto. Se logró realizar un análisis comparativo entre el rendimiento del motor original y el nuevo sistema eléctrico, evidenciando mejoras en la eficiencia de aceleración y tiempos en pruebas de cuarto de milla. Además, se estableció un tiempo base de referencia para futuras optimizaciones y modificaciones que permitan seguir mejorando el desempeño del vehículo en competencias, sin embargo, a pesar de haber alcanzado estos objetivos, se presentó un problema inesperado relacionado con la suspensión trasera del vehículo. Durante las pruebas, la estructura sufrió daños debido a una modificación previa en la suspensión, donde el sistema original fue reemplazado en algún momento por una variante diferente, la cual no fue diseñada para soportar la distribución de peso del nuevo sistema eléctrico. Como resultado, la parte trasera del vehículo descendió considerablemente hasta que el motor eléctrico tocara el suelo, afectando su movilidad y comprometiendo su estabilidad.

Debido a esta situación, no fue posible cumplir completamente el objetivo específico de asegurar que todos los sistemas del vehículo operaran correctamente para su óptimo funcionamiento en pruebas y demostraciones. Si bien el sistema de propulsión eléctrica y los demás componentes mecánicos y electrónicos funcionan adecuadamente, la falla en la suspensión impide la correcta operatividad general del automóvil. Este inconveniente no invalida los logros obtenidos en la conversión, pero sí representa un área de mejora que debe ser abordada en futuras modificaciones para garantizar la seguridad y desempeño del vehículo.

## **5.2 Recomendaciones:**

En competencias de  $\frac{1}{4}$  de milla, es esencial garantizar que el vehículo esté completamente cargado antes de cada prueba. Sin embargo, las instalaciones de carga en algunas competencias pueden ser limitadas o no ofrecer suficiente capacidad para cargar el vehículo de manera eficiente en poco tiempo. Para mitigar esta limitación, se recomienda llevar una planta de energía portátil capaz de proporcionar la potencia necesaria para realizar una carga rápida y asegurar que las baterías estén listas para las carreras sin depender exclusivamente de las instalaciones locales de carga. Esta planta debe ser compacta, con la capacidad suficiente para cargar las baterías de manera eficiente entre cada ronda de carreras, y debe contar con sistemas de protección para evitar sobrecargas o daños durante el proceso de carga.

Se recomienda desarrollar un sistema de refrigeración basado en conductos de aire dirigido para mantener las baterías en un rango de temperatura óptimo durante las carreras de cuarto de milla. Dado que las baterías pueden experimentar un aumento significativo de temperatura debido a las altas demandas de energía en un corto período, es crucial implementar un sistema de refrigeración eficiente que utilice el flujo de aire para disipar el calor generado. Este sistema se

complementaría con los sensores de temperatura que presenta el vehículo, asegurando que las baterías mantengan su rendimiento máximo sin riesgo de sobrecalentamiento. El diseño debe ser aerodinámico para no afectar negativamente la performance del vehículo y suficientemente robusto para soportar las condiciones extremas de las carreras de cuarto de milla.

La transición a la motorización eléctrica requiere una fuerza laboral capacitada y especializada en nuevas tecnologías y técnicas de mantenimiento. Se recomienda que las instituciones educativas y los centros de formación profesional implementen programas de educación y capacitación técnica. Estos programas deben abordar una variedad de temas, como la instalación y mantenimiento de motores eléctricos, la gestión y reciclaje de baterías, la seguridad en el manejo de vehículos eléctricos y las tecnologías emergentes en el mercado. Además, es fundamental fomentar la cooperación entre la industria automotriz y las instituciones educativas para garantizar que los currículos reflejen las últimas innovaciones y las necesidades del mercado. Para mantener la competencia y la adaptabilidad en un campo que evoluciona rápidamente, tanto los técnicos como los profesionales requieren capacitación continua. La educación y la capacitación adecuadas aumentarán la calidad de las conversiones de vehículos y aumentarán la confianza de los consumidores en la tecnología de vehículos eléctricos y su mantenimiento a largo plazo.

Antes de realizar una conversión de un vehículo de combustión interna a motorización eléctrica, es fundamental realizar un análisis estructural detallado del sistema de suspensión para garantizar que pueda soportar la nueva distribución de peso. En el caso de nuestro Volkswagen Escarabajo, es importante verificar si su suspensión ha sido modificada a lo largo de su vida útil, ya que cambios en el tipo de suspensión pueden afectar su capacidad de carga. Por ejemplo, el Volkswagen Escarabajo Mexicano presenta una altura aproximada de 17-22 cm (6.7-8.7

pulgadas), mientras que el Volkswagen Escarabajo Brasileño mide aproximadamente 15-20 cm (6-8 pulgadas), lo que indica que existen diferencias estructurales que pueden influir en el comportamiento del vehículo después de una conversión.

En este proyecto, se identificó que el vehículo utilizado sufrió modificaciones previas en su suspensión, lo que ocasionó que, tras la instalación del sistema de propulsión eléctrica y las baterías, el motor eléctrico del automóvil descendiera hasta el punto de tocar el suelo, afectando su movilidad. Debido a esta condición, el vehículo no se encuentra en estado óptimo para ser presentado físicamente en la defensa de la tesis, ya que trasladarlo sin una corrección estructural podría comprometer su integridad y la seguridad de su operación.

Por esta razón, en una fase futura del proyecto, se realizará un cambio en el tipo de suspensión para instalar un sistema que cumpla con las condiciones que exige la conversión de motor de combustión interna a eléctrico. Se recomienda evaluar la resistencia de los componentes de la suspensión, incluyendo amortiguadores y barras de torsión, y, en caso de ser necesario, reforzarlos o sustituirlos por una configuración más robusta y adecuada para el peso añadido por las baterías y el motor eléctrico. De esta manera, se evitarán problemas de estabilidad, pérdida de altura y afectaciones en la movilidad del vehículo tras la conversión, asegurando que pueda operar de manera segura y eficiente en pruebas futuras.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adrian Mendoza, C. S. (s.f.). *Scribd*. Obtenido de Control AC: <https://es.scribd.com/document/369767205/Control-AC>
- Amazon. (s.f.). *Amazon*. Obtenido de Dracarys 28146 Kit de bomba de vacío eléctrica para bomba de vacío de refuerzo de freno Bomba de vacío eléctrica para frenos: <https://www.amazon.com/-/es/Dracarys-28146-eléctrica-refuerzo-frenos/dp/B07JM19XZ8>
- Anónimo. (23 de Julio de 2017). *Unión de Científicos Conscientes*. Obtenido de Unión de Científicos Conscientes: <https://es.ucsusa.org/recursos/carros-camiones-buses-contaminacion>
- Antonio, R. d. (2015). *MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA*. Madrid: UNED.
- Auto libre electrico*. (2021). Obtenido de ESPECIALIZATE EN DESARROLLO DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS: <https://autolibreelectrico.com>
- Automatismo industrial*. (s.f.). Obtenido de Tipos de Motores Asíncronos: <https://automatismoindustrial.com/curso-carnet-instalador-baja-tension/motores/1-3-3-motores-asincronos/1-3-3-2-tipos-de-motores-asincronos/>
- bannerbatterien. (s.f.). *Banner the Power Company*. Obtenido de USO Y FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR DE LA BATERÍA: <https://www.bannerbatterien.com/es/Información-sobre-baterías/20-Sensor-de-batería-uso-y-funcionamiento>
- Blog Motor MAPFRE. (3 de Junio de 2022). *Motor Blogs Mafre*. Obtenido de Motor asíncrono: Qué es y cómo funciona: <https://www.motor.mapfre.es/coches/noticias-coches/motor-asincrono/>
- Delmonte, S. (22 de Abril de 2021). *Volks Shop*. Obtenido de Conoce el funcionamiento del motor del Volkswagen Escarabajo: <https://volksshopuy.com/blogs/tips-volks-shop/conoce-el-funcionamiento-del-motor-del-volkswagen-escarabajo>
- Directindustry*. (s.f.). Obtenido de Batería de NiCd DMH, KMZ: <https://www.directindustry.es/prod/sichuan-changhong-battery-co-ltd/product-71984-1648852.html>
- Directindustry*. (s.f.). Obtenido de Batería de polímero de litio AS-553640: <https://www.directindustry.es/prod/shenzhen-as-power-technology-co-ltd/product-244491-2480768.html>
- Ekosnegocio. (11 de Septiembre de 2022). *Mansuera*. Obtenido de ¿CÓMO RECONOCER LA CALIDAD DE LA GASOLINA SEGÚN SU OCTANAJE?: <https://www.mansuera.com/como-reconocer-la-calidad-de-la-gasolina-segun-su-octanaje/b#:~:text=Actualmente%2C%20Ecuador%20tiene%20tres%20tipos,%2C%2055%20por%20decreto%20presidencial.>

- Garret. (15 de Agosto de 2019). *Garrett Advancing Motion*. Obtenido de Turbocharging at Elevation: <https://www.garrettmotion.com/es/news/newsroom/article/how-to-turbocharge-at-elevation-counteracting-lower-air-density/>
- GreenLine*. (s.f.). Obtenido de 12V 20AH Batería de plomo acido: <https://greenline.ec/tienda/12v-20ah-bateria-de-plomo-acido/>
- Hella. (22 de Julio de 2019). *Hella*. Obtenido de REVISIÓN DE LA BOMBA DE VACÍO ELÉCTRICA: <https://www.hella.com/techworld/es/Informacion-Tecnica/Electricidad-y-electronica-del-automovil/Revision-de-la-bomba-de-vacio-electrica-53588/#:~:text=El%20funcionamiento%20de%20la%20bomba%20de%20vacío%20se%20basa%20en,una%20o%20varias%20paletas%20móviles>
- Hyundai. (2024). *Hyundai.com*. Obtenido de Los 8 tips que debes saber sobre el cargador de un coche eléctrico o híbrido enchufable: <https://www.hyundai.com/es/es/zonaeco/ecolife/cargador-coche-electrico>
- Kuantica Hybrid Solar Technologies. (29 de Marzo de 2022). *Kuantica Hybrid Solar Technologies*. Obtenido de Características de las baterías LiFePO4: <https://www.kuantica-hst.com/caracteristicas-baterias-linadium/#:~:text=Las%20baterías%20de%20Fosfato%20de,aplicaciones%20que%20requieran%20elevadas%20potencias>.
- Lopez, M. (8 de Febrero de 2023). *Motor.es*. Obtenido de Acelerador electrónico: qué es y cuáles son sus ventajas y desventajas: <https://www.motor.es/que-es/acelerador-electronico>
- M., I. C. (8 de Febrero de 2012). *Monografias.com*. Obtenido de Reacción de Inducción y Conmutación.: <https://www.monografias.com/trabajos91/reaccion-induccion-y-conmutacion/reaccion-induccion-y-conmutacion>
- Manuel, M. L. (2015). *Analisis de parametros para la conversión de un sistema de combustión interna de un auto compacto a un sistema eléctrico*. Ciudad de México: Instituto Politécnico Nacional.
- Martín, F. (2016). *Vehículos Eléctricos. Historia, Estado Actual Y Retos*. European Scientific Journal.
- MARTÍN-RIVA, P. M.-O. (2014). *CONCEPCIÓN DE UN MOTOR*. Madrid: Universidad Pontificia de Comillas .
- Maximiano Smith Cordero, L. A. (2020). *CONVERSIÓN DE VEHICULO CONVENCIONAL A VEHÍCULO ELÉCTRICO*. Viña del Mar.
- Milton, V.-S. J. (2021). Emisiones de gases contaminantes en vehículos livianos a gasolina. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*, 3.
- Moreno, F. M. (2016). *Vehículos Eléctricos. Historia, Estado Actual Y Retos*. European Scientific Journal.

- Moreno, F. M. (2016). *Vehículos Eléctricos. Historia, Estado Actual Y Retos*. European Scientific Journal.
- NHTSA en español. (s.f.). Obtenido de Vehículos Eléctricos e Híbridos: <https://www.nhtsa.gov/es/seguridad-de-vehiculos/vehiculos-electricos-e-hibridos>
- Oswos. (s.f.). Obtenido de Motor asincrono trifasico tipos y funcionamiento: <https://oswos.com/es/motor-asincrono/>
- OSWOS. (2024). OSWOS. Obtenido de Motor asincrono trifasico tipos y funcionamiento: <https://oswos.com/es/motor-asincrono/>
- Pedro Marín. (23 de febrero de 2023). *El Confidencial*. Obtenido de El Confidencial: [https://www.elconfidencial.com/motor/industria/2023-02-23/ue-union-europea-prohibicion-coche-combustion-electrico\\_3580702/#:~:text=La%20prohibici%C3%B3n%20de%20venta%20de,veh%C3%ADculos%20usados%20o%20previamente%20matriculados.](https://www.elconfidencial.com/motor/industria/2023-02-23/ue-union-europea-prohibicion-coche-combustion-electrico_3580702/#:~:text=La%20prohibici%C3%B3n%20de%20venta%20de,veh%C3%ADculos%20usados%20o%20previamente%20matriculados.)
- Petroecuador, E. (16 de Noviembre de 2021). *Recursos y energia*. Obtenido de Diésel de Refinería Esmeraldas disminuye niveles de azufre tras procesos de optimización y mejoramiento de la calidad de los combustibles: <https://www.recursosyenergia.gob.ec/diesel-de-refineria-esmeraldas-disminuye-niveles-de-azufre-tras-procesos-de-optimizacion-y-mejoramiento-de-la-calidad-de-los-combustibles/#:~:text=La%20empresa%20pública%20ha%20realizado,la%20zona%20norte%20del%20país>
- Renova-energia. (s.f.). Obtenido de Victron Energy LiFePO4 Battery 12,8V/200Ah 2560Wh Smart BAT512120610: <https://www.renova-energia.com/productos/bateria-fosfato-hierro-litio-lfp-smart-12-200/>
- Rodríguez, D. G. (2015). *Sistemas de gestión de baterías (BMS) y su importancia para los sistemas de almacenamiento de baterías (BESS)*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Rodríguez, J. J. (2017). *El Volkswagen Escarabajo como objeto de culto*. León, Guanajuato: Universidad Iberoamericana León.
- Sánchez, A. (30 de Julio de 2021). *La jornada maya*. Obtenido de 30 de julio, el último día que se fabricó un ‘vocho’ en México: <https://www.lajornadamaya.mx/nacional/177162/30-de-julio-el-ultimo-dia-que-se-fabrico-un-vocho-en-mexico>
- Santamaría, A. B. (2020). *Diseño de la conversión a eléctrico de un vehículo*. Madrid: Universidad Pontificia.
- Stratingh & Becker. (15 de Diciembre de 2027). Obtenido de Vehículo Eléctrico de 1835: <https://www.scribbr.es/citar/generador/folders/2rmBhO8L7qGe2gGOgA3qvR/lists/t1m7hOwcJBFhBPsfsrcpTv/>

Troya, M. Y. (2022). *Instalación de Motor Eléctrico Automotriz*. Quito: Universidad Internacional del Ecuador.

University of Michigan. (s.f.). *Coches con/noticias*. Obtenido de El material que promete baterías con cinco veces más energía que las de iones de litio: <https://noticias.coches.com/consejos/como-rellenar-bien-un-parte-amistoso-de-accidente/34364>

Volkswagen. (2024). *Volkswagen Canarias*. Obtenido de Historia del Volkswagen Beetle, el legendario coche escarabajo: <https://www.vwcanarias.com/es/blog/historia-volkswagen-beetle.html>

Volkswagen. (2024). *Volkswagen de México*. Obtenido de Ficha Técnica Volkswagen 1600 A: <https://www.vw.com.mx/es.html>

## ANEXOS:



**Figura 7.1** Paquete de Baterías  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón



**Figura 7.2:** Armado de Paquete de Baterías  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón



**Figura 7.3:** Armado de Paquete de Baterías (2)  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón



**Figura 7.4:** Desacople de ejes de a la transmisión

Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón



**Figura 7.5:** Desacople de a la transmisión de la carrocería  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón



**Figura 7.6:** Desacople de a la transmisión de la carrocería (4)  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón



**Figura 7.7:** Desacople de; motor de la transmisión  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón



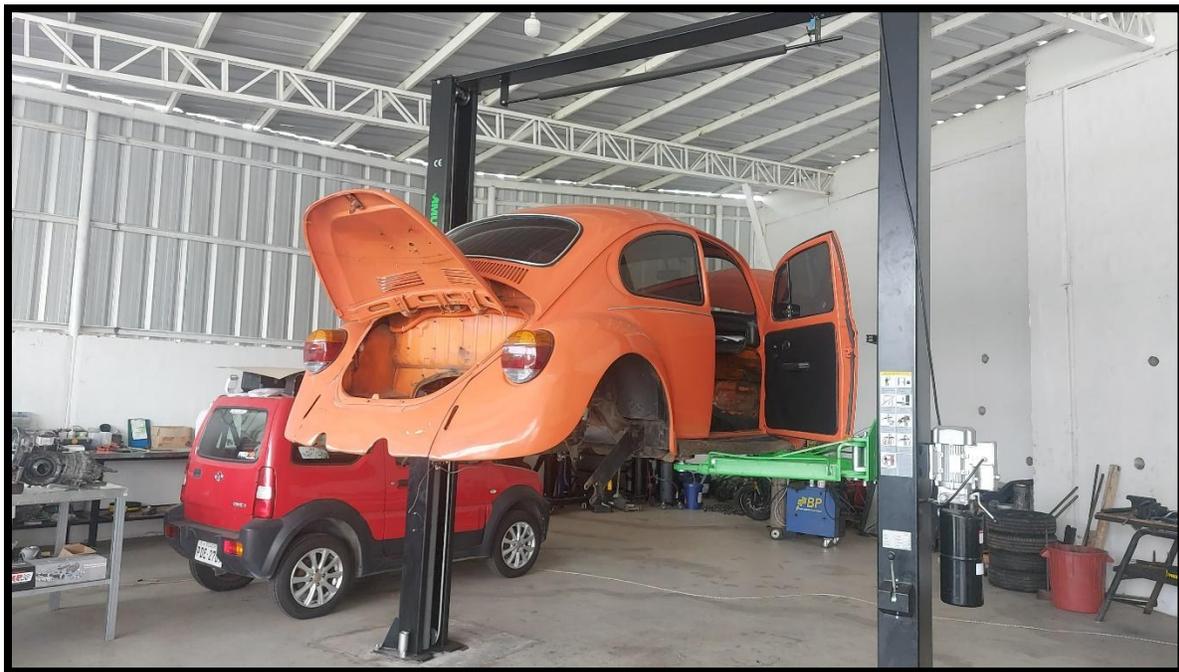
**Figura 7.8:** Motor de Volkswagen Escarabajo 1600 desmontado  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón



**Figura 7.9:** Motor de Volkswagen Escarabajo 1600  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón



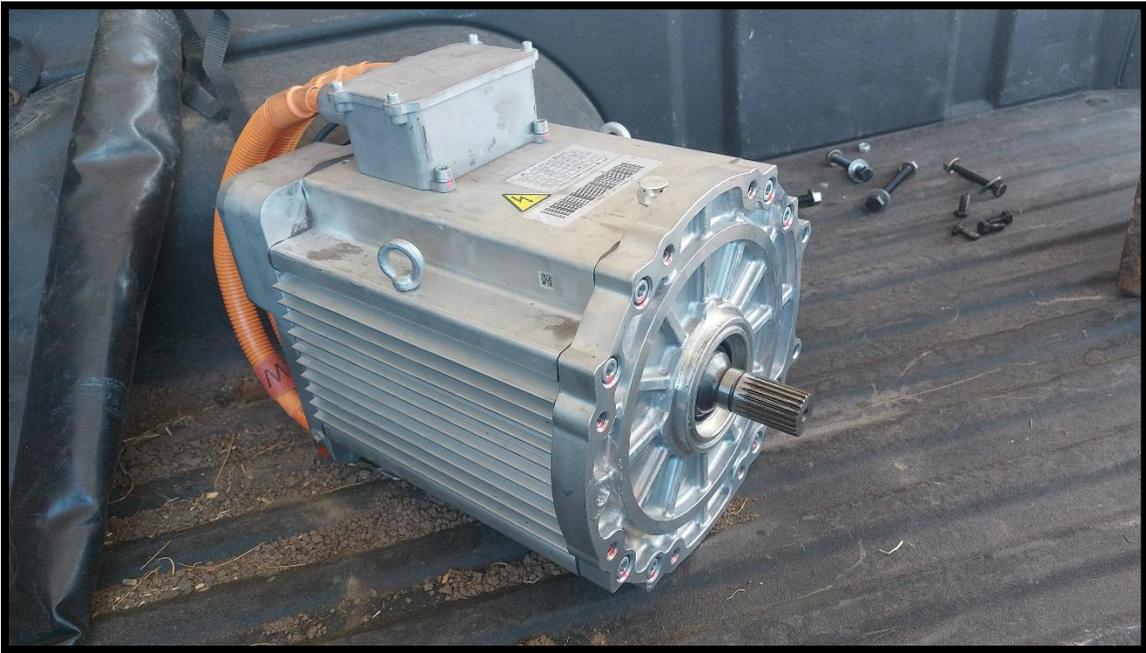
**Figura 7.10:** Parte Superior Placa Adaptadora  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón



**Figura 7.11:** Vehículo antes de la instalación  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón



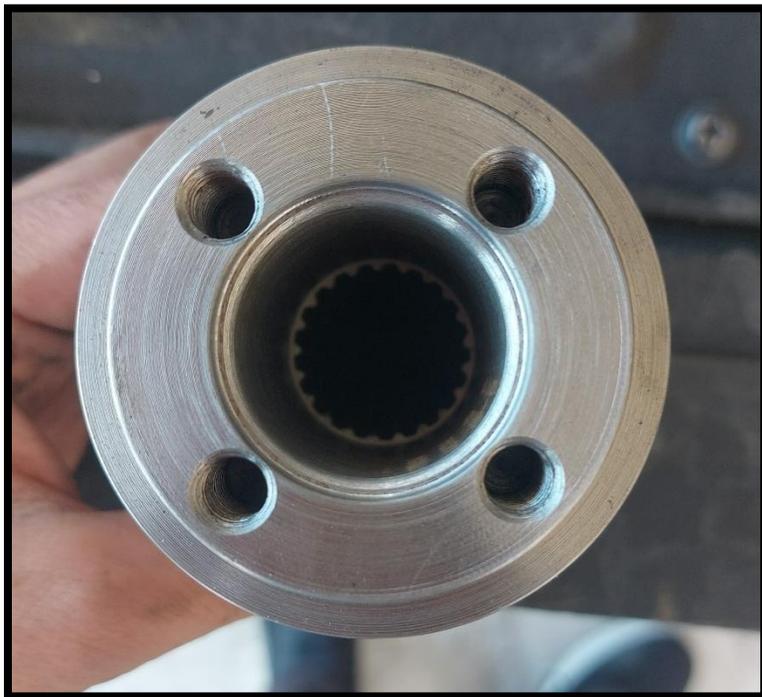
**Figura 7.12:** Corte en la carrocería para la adaptación del motor  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón



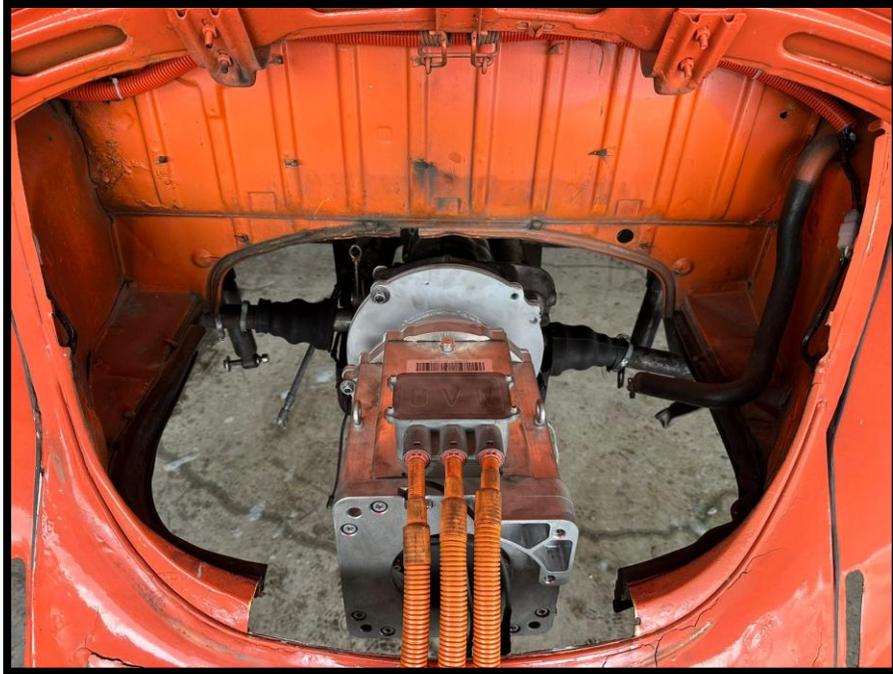
**Figura 7.13:** Motor Eléctrico  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón



**Figura 7.14:** Parte Superior Acople Caja- Motor  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón



**Figura 7.15:** Parte Inferior Acople Caja- Motor  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón



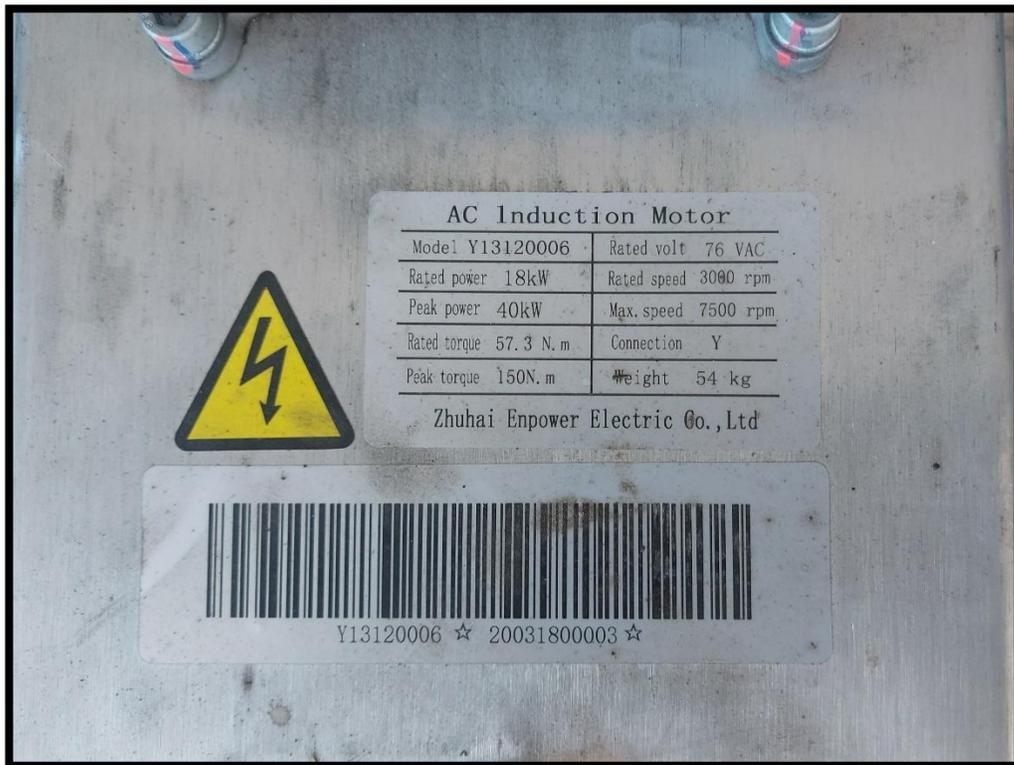
**Figura 7.16:** Instalación de Motor Eléctrico  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón



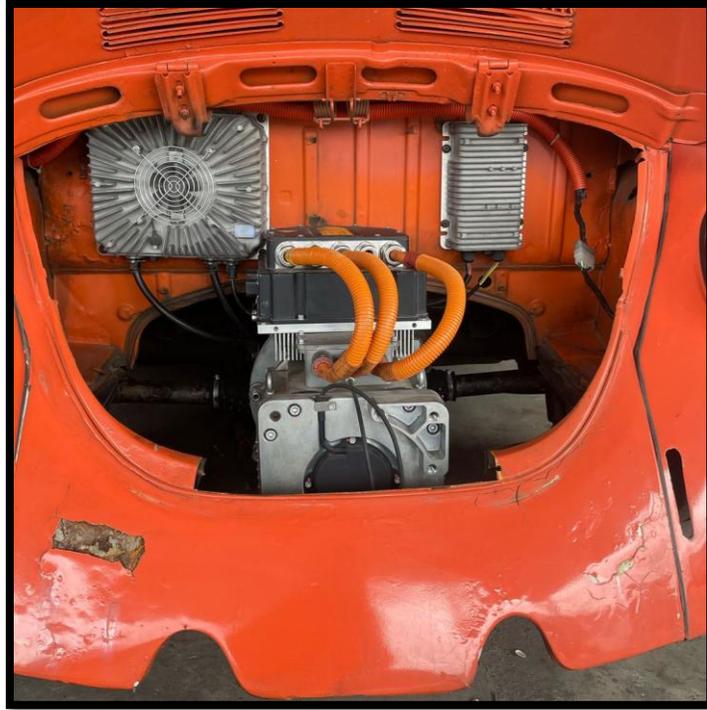
**Figura 7.17:** Acople Caja-Motor  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón



**Figura 7.18:** Instalación Embrague al acople Caja-Motor  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón



**Figura 7.19:** Ficha Técnica del Motor Eléctrico  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón



**Figura 7.20:** Motor Eléctrico Instalado  
Fuente: Edwin Morejón y Steven Morejón