

“Desarrollo de un Sistema de alimentación eléctrico complementario por medio de paneles fotovoltaicos para el aumento de la autonomía del vehículo eléctrico de la Escudería Bravo”

David Alexis Vanegas Montoya

Edi Adrián Morales Morales

Jheancarlos Franco Oviedo

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

FACULTAD DE INGENIERÍA

TECNOLOGÍA ELÉCTRICA

MEDELLÍN

2024

Contenido

| | |
|--|-----------|
| Contenido | 1 |
| 1. Introducción | 2 |
| 2. Glosario | 3 |
| 3. Objetivos | 6 |
| 3.1 Objetivo general | 6 |
| 3.2 Objetivos específicos | 6 |
| 4. Marco Teórico | 7 |
| 4.1 Sistema fotovoltaicos | 7 |
| 4.2 Tipos de paneles | 7 |
| 4.2.1 Monocristalino | 7 |
| 4.2.2 Policristalino | 8 |
| 4.2.3 Semiflexible | 8 |
| 4.3 Movilidad eléctrica | |
| 4.3.1 Carros híbridos | 9 |
| 4.3.2 Motos eléctricas | 9 |
| 4.3.4 Scooters eléctricos | 10 |
| 4.3.5 Carros eléctricos | 10 |
| 4.4 Sistema de almacenamiento energético | 13 |
| 4.5 Controladores | 16 |
| 5. Estado del Arte | 17 |
| 5.1 Paneles solares | 18 |
| 5.2 Movilidad Eléctrica | 19 |
| 6. Diseño del vehículo | 23 |
| 6.1 Dimensiones del vehículo | 26 |
| 6.2 Equipos | 27 |
| 6.3 Batería | 28 |
| 6.4 Pantalla LED | 29 |
| 6.5 Volante | 30 |
| 6.6 Paro de emergencia | 31 |
| 6.7 Telemetría | 32 |
| 6.8 Controlador | 33 |
| 6.9 Carrocería | 33 |
| 6.10 Diagrama Unifilar | 34 |
| 6.11 Ubicación de los equipos | 35 |
| 6.12 Conexiones de los equipos | 36 |
| 7. Metodología | 37 |
| 7.1 Fase 1 | 37 |
| 7.1.1 Paneles | 38 |
| 7.1.2 Vehículo con paneles | 39 |
| 7.2 Fase 2 | 40 |
| 7.3 Fase 3 Resultados | 41 |

1. Introducción

El presente documento abarca el desarrollo integral de un sistema de alimentación eléctrico complementario mediante paneles fotovoltaicos para potenciar la autonomía del vehículo eléctrico de la Escudería Bravo. Este proyecto se centra en el diseño e implementación de un sistema adicional que utiliza energía solar para mejorar la autonomía del vehículo, promoviendo la sostenibilidad y la innovación tecnológica en el campo de la movilidad eléctrica.

A través de la integración eficiente de la energía solar, se busca no solo incrementar la autonomía del vehículo, sino también contribuir al desarrollo de soluciones energéticas sostenibles en el sector del transporte. Con un enfoque en la eficiencia y la viabilidad técnica, el proyecto pretende ser una contribución significativa a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y a la satisfacción de la creciente demanda de movilidad sostenible.

Para el desarrollo del proyecto, es crucial considerar los antecedentes relacionados con la evolución de la tecnología fotovoltaica, los avances en almacenamiento de energía, y la experiencia previa en la integración de energías renovables en vehículos eléctricos. Además, la investigación en sistemas de carga eficiente será fundamental para el diseño y la implementación exitosa de este innovador sistema de alimentación eléctrica.

2. Glosario

Autoconsumo: Uso de la energía generada por un sistema fotovoltaico para el propio consumo del lugar donde está instalado, reduciendo la dependencia de la red eléctrica. (EPM, 2024)

Autonomía: Distancia que un vehículo eléctrico puede recorrer con una carga completa de su batería. (EPM, 2024)

Aislador: elemento rígido construido con material aislante para sostener los conductores de las líneas eléctricas e impedir la corriente eléctrica hacia el resto del apoyo.

Batería de litio: Tipo de batería comúnmente usada en vehículos eléctricos debido a su alta eficiencia energética y capacidad de almacenamiento.(EPM, 2024)

Batería eléctrica: batería de acumuladores eléctricos. (EPM, 2024)

Carga rápida: Sistema de carga de baterías de vehículos eléctricos que permite recargar en menos tiempo comparado con la carga convencional.(EPM, 2024)

Corriente: flujo de electrones a través de un conductor. Su intensidad se mide en Amperes (A).(EPM, 2024)

Dieléctrico: elemento empleado para aislar eléctricamente los conductores. (EPM, 2024)

Efectividad: medida del impacto de la gestión tanto en el logro de los resultados planificados, como en el manejo de los recursos utilizados y disponibles. La medición de la efectividad se denomina en la Ley 872 de 2003 como una medición del impacto. (EPM, 2024)

Eficacia: grado en el que se realizan las actividades planificadas y se alcanzan los resultados planificados. La medición de la eficacia se denomina en la Ley 872 de 2003 como una medición de resultados. (EPM, 2024)

Eficiencia: relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados. (EPM, 2024)

Energía: capacidad de un cuerpo o sistema para realizar un trabajo. (EPM, 2024)

Energía solar fotovoltaica: Energía obtenida mediante la conversión de la luz solar en electricidad usando paneles solares. (EPM, 2024)

Fuente de energía: cuerpo del cual se puede obtener energía utilizable. El sol es la mayor fuente de energía para la Tierra. Se recibe de él energía radiante (por medio de ondas electromagnéticas principalmente) que se produce por fusión de núcleos de hidrógeno en su mayor parte. La energía del sol se llama energía solar. (EPM, 2024)

Fuente energética: todo elemento físico del cual se puede obtener energía, con el objeto de aprovecharla. Existen fuentes energéticas convencionales y no convencionales. (EPM, 2024)

Guía: documento donde se dan indicaciones, se describen o detallan las actividades o pasos para realizar el registro o consulta de información en los aplicativos. (EPM, 2024)

Impacto ambiental: cualquier alteración en el sistema ambiental físico, químico, biológico, cultural y socioeconómico que pueda ser atribuido a actividades humanas relacionadas con las necesidades de un proyecto. (EPM, 2024)

Instrumento de medición: dispositivo destinado a efectuar una medición, solo o en conjunto con equipos complementarios. (EPM, 2024)

Inversor solar: Equipo que convierte la corriente continua (CC) generada por los paneles solares en corriente alterna (CA) utilizable en hogares y negocios. (EPM, 2024)

Mantenimiento: conjunto de acciones que se ejecutan en las instalaciones y redes de los servicios públicos para prevenir daños y repararlos cuando se produzcan (EPM, 2024)

Motor eléctrico: máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica. (EPM, 2024)

Ohmio (Ω): Preferiría la definición de la RAE: 1. m. Fís. Resistencia eléctrica que existe entre dos puntos de un conductor cuando una diferencia de potencial constante de 1 voltio, aplicada entre estos dos puntos, produce, en este conductor, una corriente de 1 amperio.

Panel: estructura equipada con un grupo de instrumentos, que encierra interfaces para el operador del proceso y es seleccionada con una designación única. El panel puede consistir en una o más secciones, cubículos, consolas o escritorios. (EPM, 2024)

Pila eléctrica: elemento destinado a suministrar energía eléctrica a partir de energía química. Una batería eléctrica también suministra energía eléctrica a partir de energía química, pero se reserva el nombre de batería para los elementos que pueden volver a recuperar energía química a partir de energía eléctrica que absorben. Es decir, las baterías son recargables y, en general, suelen ser de mayor tamaño que las pilas. No obstante, a veces se le llama pilas recargables a pequeñas baterías que tienen la forma habitual de las pilas. (EPM, 2024)

Potencia: la capacidad que tiene un equipo eléctrico cualquiera para desarrollar trabajo, a mayor potencia más trabajo. Se mide en vatios (W) de manera que, por ejemplo, un bombillo de 100 W ilumina más que una de 50 W; una bomba de agua de 8kW tiene mayor capacidad de bombeo que una de 4Kw. EPM provee potencia a clientes con grandes demandas de

energía, generalmente industriales o comerciales, Es decir pone a su disposición la capacidad eléctrica suficiente para satisfacer la demanda del cliente. (EPM, 2024)

Radiación solar: radiación electromagnética producida por el sol con una temperatura equivalente a 5777 K. (EPM, 2024)

Riesgo: posibilidad de que se materialice un evento que pueda generar afectación sobre un objeto de impacto. (EPM, 2024)

Sala de baterías: recinto aislado y debidamente acondicionado donde se ubica un sistema activo de baterías. (EPM, 2024)

Solar fotovoltaica: energía basada en el llamado efecto fotovoltaico que se produce al incidir la luz sobre materiales semiconductores. De esta forma se genera un flujo de electrones en el interior de esos materiales y una diferencia de potencial que puede ser aprovechada. La unidad base es la célula fotovoltaica. Las células se agrupan en paneles sobre una estructura que suele ser de metales ligeros como el aluminio. Los paneles permiten generar electricidad en emplazamientos aislados donde no llega la red eléctrica. Esa electricidad es acumulada en baterías. (EPM, 2024)

Panel fotovoltaico: Dispositivo compuesto por celdas solares que convierten la luz solar en energía eléctrica. (EPM, 2024)

Punto de carga: Estación o infraestructura donde se puede recargar la batería de un vehículo eléctrico. (EPM, 2024)

Sistema fotovoltaico: Conjunto de paneles solares y otros componentes (inversores, baterías, etc.) instalados para generar electricidad a partir del sol. (EPM, 2024)

Tensión: capacidad para hacer circular la corriente por un conductor. Se le llama comúnmente voltaje. Se mide en voltios (V). (EPM, 2024)

Vehículo Eléctrico (VE): Automóvil que utiliza uno o más motores eléctricos para su propulsión. (EPM, 2024)

Voltios: miden la fuerza o tensión que origina la corriente. (EPM, 2024)

Voltaje: trabajo eléctrico que se realiza para transportar una carga entre dos puntos. (EPM, 2024)

Watt (W): unidad de potencia de la energía eléctrica. También se lo denomina vatio. (Ver vatio). (EPM, 2024)

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Desarrollar un Sistema de alimentación eléctrico complementario por medio de paneles fotovoltaicos para el aumento de la autonomía del vehículo eléctrico de la Escudería Bravo.

3.2 Objetivos específicos

- Diseñar un Sistema de paneles fotovoltaicos que se integre de manera eficiente con el vehículo eléctrico teniendo en cuenta aspectos como ubicación, orientación y capacidad de generación de energía solar.
- Implementar un prototipo del Sistema de alimentación eléctrico complementario en el vehículo eléctrico.
- Realizar pruebas de campo para la validación del funcionamiento y eficacia del Sistema implementado.

3. Marco Teórico

A continuación, se presenta el marco teórico del proyecto de investigación, en el cual podemos encontrar información relacionada con sistemas fotovoltaicos, almacenamiento de energía, controladores y movilidad eléctrica.

4.1 Sistema fotovoltaicos

Un sistema fotovoltaico es un sistema de generación de energía que convierte la luz solar en electricidad utilizando paneles fotovoltaicos; estos paneles están compuestos por células fotovoltaicas que absorben la luz solar y generan corriente eléctrica la cual puede ser utilizada para alimentar dispositivos eléctricos, cargar baterías o suministrar energía a sistemas eléctricos en lugares remotos o donde no hay acceso a la red eléctrica convencional. Los sistemas fotovoltaicos son una forma sostenible y limpia de obtener energía, y son ampliamente utilizados en aplicaciones residenciales, comerciales e industriales. (Lascurain et al., 2024)

4.2 Tipos de paneles

4.2.1 Monocristalino

Un panel solar monocristalino es un tipo de panel fotovoltaico fabricado con celdas de silicio monocristalino. Estas celdas están hechas de una sola pieza de silicio puro cristalizado en forma cilíndrica y luego cortada en obleas delgadas.

Los paneles monocristalinos se caracterizan por tener un alto rendimiento energético, típicamente entre 15-17% de eficiencia, además de una larga vida útil. Sin embargo, su proceso de fabricación es más complejo y costoso en comparación con otros tipos de paneles como los policristalinos. Los paneles monocristalinos son muy utilizados en sistemas fotovoltaicos debido a su buen desempeño y confiabilidad. (Palacio Ríos & Morales Benavides, 2017)

4.2.2 Policristalino

Un panel solar policristalino está compuesto por células policristalinas que se distinguen por su color azulado. Estas células utilizan obleas de silicio como sustrato, obtenidas del corte de un bloque de silicio que se ha solidificado lentamente en un crisol, formado por múltiples pequeños cristales de silicio.

Los avances en la fabricación de obleas, como el uso de cortadoras con diamante, han mejorado la eficiencia en la utilización del silicio, reduciendo el desperdicio de material. Aunque las células policristalinas son menos eficientes que las monocristalinas, siguen siendo una opción popular en la industria solar debido a su menor costo y buena relación calidad-precio. (Romero Tubon, 2021)

4.2.3 Semiflexible

Un panel solar semi flexible es un tipo de panel fotovoltaico que se caracteriza por su capacidad de flexión y adaptabilidad a diversas superficies. Estos paneles están diseñados con una estructura delgada que les permite doblarse ligeramente, lo que los hace ideales para aplicaciones en las que se requiere una instalación en superficies curvas o móviles.

Funcionan mediante el efecto fotovoltaico, donde la luz solar incide sobre las células fotovoltaicas del panel, generando una corriente eléctrica a partir de la conversión de la energía solar. La flexibilidad de estos paneles les permite ser utilizados en una amplia variedad de aplicaciones, como en sistemas de energía solar para dispositivos móviles o en entornos donde los paneles rígidos no serían viables. (Arissetyadhi et al., 2020a)

4.3 Movilidad eléctrica

4.3.1 Carros híbridos

Se describe un vehículo híbrido enchufable de 4 ruedas motrices que combina un motor de combustión, dos motores eléctricos (uno en el eje trasero y otro integrado al motor de combustión) y una batería recargable. Se propone una estrategia de control para operar el vehículo en diferentes modos (eléctrico puro, híbrido paralelo, híbrido serie, solo motor de combustión, etc.) según las condiciones de conducción y carga de la batería. La estrategia distribuye óptimamente el par motor entre los componentes e incluye un método de coordinación de pares para suavizar las transiciones entre modos. Se desarrolla un modelo de simulación que demuestra la efectividad de la estrategia propuesta. (Ping Kan et al., 2014)

4.3.2 Motos eléctricas

Se describe el diseño de una motocicleta eléctrica eficiente que utiliza un motor brushless DC (BLDC) de 5 kW. Los objetivos son desarrollar una motocicleta eléctrica que pueda alcanzar velocidades de hasta 130 km/h y un rango de 230 km con baterías de ion de litio o silicato de sodio, a un costo operativo significativamente menor que las motocicletas de gasolina convencionales. El prototipo construido puede acelerar hasta 40 km/h y tiene un costo operativo 15 veces menor que una motocicleta de gasolina para la misma distancia. La motivación principal es reducir el uso de combustibles fósiles y las emisiones contaminantes mediante el uso de energía eléctrica almacenada en baterías recargables. (Rangkuti et al., 2020)

4.3.3 Bicicletas eléctricas

Una bicicleta eléctrica es un vehículo impulsado por la combinación de un motor eléctrico y la propulsión humana a través de pedales. Consta de los siguientes componentes principales:

1. Motor eléctrico: Generalmente es un motor de corriente continua sin escobillas (BLDC) que proporciona asistencia adicional al pedaleo del ciclista.

2. Batería: Suele ser una batería de iones de litio recargable que alimenta el motor eléctrico.

3. Sistema de asistencia al pedaleo (PAS): Detecta cuando el ciclista está pedaleando y activa automáticamente el motor eléctrico para proporcionar una asistencia adicional.

4. Controlador: Regula la potencia que el motor eléctrico recibe de la batería según los requerimientos del ciclista.

Las bicicletas eléctricas con sistema PAS combinan los beneficios del ciclismo tradicional con la asistencia eléctrica, permitiendo recorrer mayores distancias con menos esfuerzo físico. Son una opción de transporte ecológica, eficiente en consumo energético y promueven la actividad física. Su principal ventaja es extender el alcance y facilitar el pedaleo, especialmente en terrenos con pendientes o para ciclistas de menor condición física.

(Yadav et al., 2024)

4.3.4 Scooters eléctricos

El scooter eléctrico es un prototipo que integra un sistema de carga por energía fotovoltaica portátil y un cargador de toma eléctrica. Cuenta con un diseño plegable, motor eléctrico sin escobillas de 36V 500W en la rueda delantera, neumáticos de aire y dos opciones de carga: fotovoltaica portátil de 24V 2A y toma eléctrica de 36V 2A. La batería de ion-litio permite un alcance de hasta 40 km/h por 2 horas. Se presenta como un medio de transporte eléctrico sostenible e integrado con energía renovable.

(Suwanapingkarl et al., 2019)

4.3.5 Carros eléctricos

Entre 1832 y 1839, el inventor escocés Robert Anderson desarrolló el primer vehículo eléctrico, pero no pudo prever que intereses económicos priorizarían la rentabilidad sobre la salud humana y el medio ambiente, lo que llevaría su invención al olvido durante muchos años. Cuentan algunas versiones que, si se hubiera dado mayor importancia a la visión femenina, hoy no estaríamos sufriendo los efectos nocivos del ruido y las emisiones tóxicas de los autos de gasolina. Se dice que, para las mujeres de la época, los vehículos eléctricos

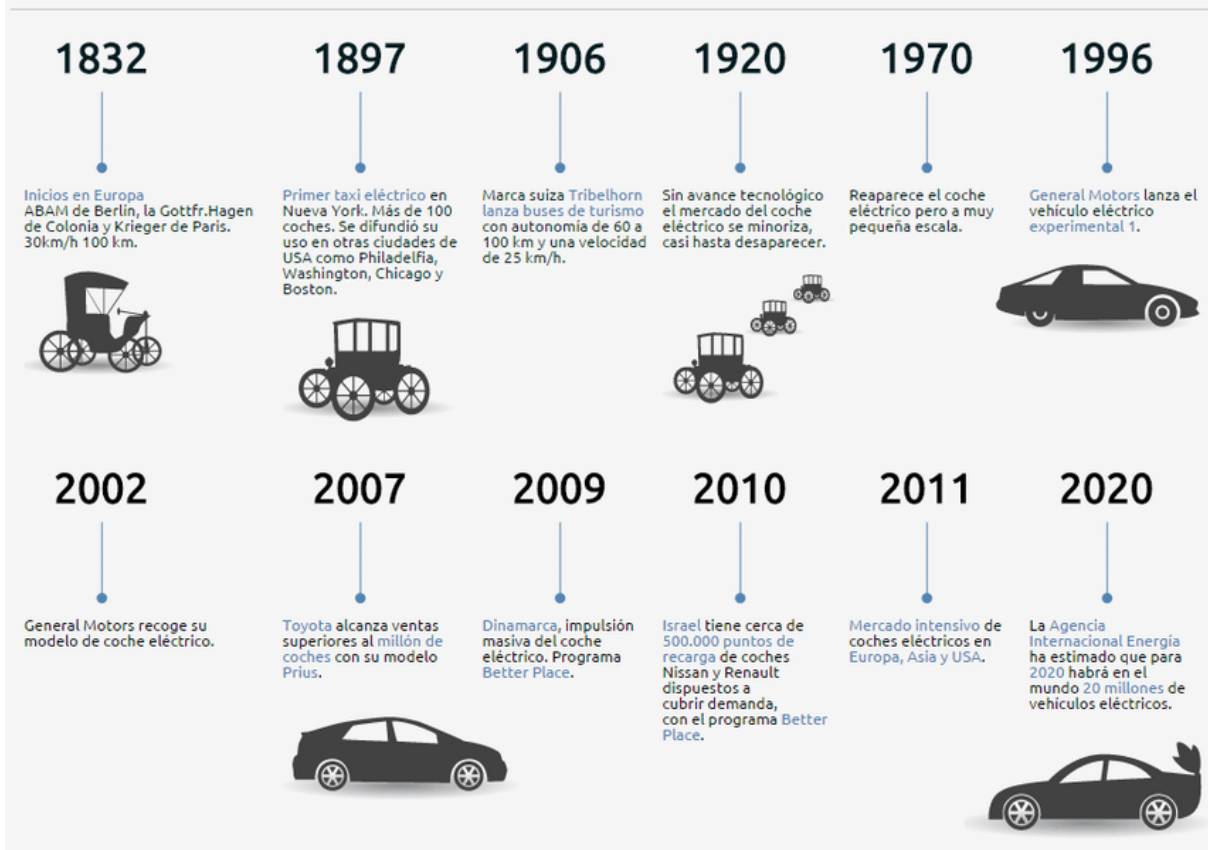
eran preferibles porque eran más silenciosos, más fáciles de conducir y no requerían el esfuerzo físico de la manivela para arrancar, como sucedía con los autos de gasolina.

A pesar de su evidente ventaja, el transporte eléctrico no fue desechado de inmediato. De hecho, durante varias décadas, el sistema de tranvías eléctricos fue una parte fundamental del transporte público en muchas ciudades, tanto grandes como pequeñas, facilitando el desplazamiento de miles de personas. Sin embargo, en la década de 1930, grandes compañías estadounidenses fabricantes de automóviles, autobuses y camiones a gasolina iniciaron un proceso económico destinado a reemplazar los tranvías eléctricos. Esta operación, que más tarde se conocería como el “Escándalo de los Tranvías”, estuvo orientada a ampliar el mercado de vehículos a gasolina y asegurar su dominancia en el transporte urbano.

Tras un largo proceso judicial, estas empresas fueron finalmente multadas con una suma irrisoria de 5,000 dólares. Sin embargo, para entonces el daño ya estaba hecho: los tranvías eléctricos habían sido reemplazados por vehículos a gasolina y la infraestructura de transporte público había cambiado radicalmente.

Este episodio histórico revela cómo las decisiones económicas y las estrategias empresariales de grandes corporaciones lograron suprimir una tecnología que, en su momento, representaba una opción más limpia y silenciosa. Este tipo de prácticas continúa siendo relevante hoy en día, en medio del debate sobre cómo acelerar la transición hacia vehículos eléctricos y reducir el impacto ambiental de los medios de transporte. (Gil, 2013)

Evolución histórica del vehículo eléctrico



Fuente: Historia del vehículo eléctrico (Endesa).

Imagen 1.

Los carros eléctricos son vehículos impulsados por motores eléctricos que obtienen energía de baterías recargables. Las principales ventajas son cero emisiones y mayor eficiencia energética en comparación con los vehículos de combustión interna. Sin embargo, enfrentan desafíos como la autonomía limitada por la capacidad de las baterías, los largos tiempos de recarga y el alto costo inicial.

Algunos modelos populares son el Tesla Model S/X, Nissan Leaf, BMW i3 y Chevrolet Bolt. Las tendencias incluyen el aumento de la producción de baterías para reducir costos, la expansión de redes de cargadores públicos y los incentivos gubernamentales en muchos países para promover la adopción de vehículos eléctricos como parte de las políticas de movilidad sostenible. (Enyedi, 2018)

4.4 Sistema de almacenamiento energético

Como evidenciamos en el estudio (Shafiq & Egger, 2022) este resalta que las baterías LiFePO₄ ofrecen la mejor eficiencia de carga, alcanzando el 100% a 1C-rate, en comparación con el 96% y 90% de Li-Po y Li-Ion, respectivamente. Esta información es crucial ya que demuestra que la elección de la tecnología de la batería puede tener un impacto significativo en la eficiencia de carga y, por lo tanto, en el rendimiento general de la batería. Además, se destaca que las baterías LiFePO₄ son una opción superior en términos de eficiencia de carga, lo que puede influir en la selección de baterías para diversas aplicaciones; Podemos ver en el artículo que las baterías de litio-ion tienen ventajas significativas sobre otras baterías recargables, como una mayor densidad de energía, menor peso, mayor vida útil, menor mantenimiento y mayor potencia. Estas características hacen que las baterías de litio-ion sean preferidas para aplicaciones que requieren almacenamiento de energía eficiente y potencia elevada, como en motores, cargas pesadas y altos torques. Además, se destaca que las baterías de litio-ion son más respetuosas con el medio ambiente. El artículo también menciona la importancia de comprender las diferentes tecnologías de baterías de litio y sus sistemas de carga para optimizar su rendimiento y eficiencia. Así mismo Como se evidencia en el artículo (Serra & De Angelo, 2015) se presenta un enfoque innovador en el diseño de un controlador no lineal para cargadores de baterías de vehículos eléctricos, con el objetivo de mantener un factor de potencia unitario durante la carga. La principal contribución radica en la utilización de un modelo unificado del sistema que incluye todos los convertidores del cargador, permitiendo un control estable y desacoplado para evitar que las perturbaciones en la red afecten la carga de la batería y viceversa. Este enfoque se basa en la asignación de interconexión y amortiguamiento, garantizando la estabilidad del controlador a lazo cerrado. Esta es algunas razones por las cuales las baterías de litio son las óptimas para el trabajo a realizar.

También podemos analizar el impacto de vehículos eléctricos (VEs) con baterías de diferentes capacidades y niveles de potencia de carga en la vida útil de transformadores de distribución. La novedad radica en evaluar cómo los VEs de largo alcance afectan los transformadores en comparación con los de corto alcance, considerando perfiles de temperatura ambiental. Se destaca el uso de simulaciones de Monte Carlo para realizar un análisis probabilístico, incorporando incertidumbres en la demanda residencial y en el

comportamiento de recarga de los VEs. Además, se proponen estrategias como la distribución de carga entre transformadores, el almacenamiento de energía y el uso de energía fotovoltaica para mitigar los efectos negativos y reducir la demanda, preservando así la vida útil de los transformadores. (Barros et al., 2023)

De igual forma nos encontramos con los desafíos y oportunidades en el desmontaje de baterías de vehículos eléctricos al final de su vida útil, destacando la falta de un enfoque estructurado en la literatura existente. Para abordar esta brecha, se llevó a cabo una revisión sistemática de la literatura utilizando la declaración PRISMA como guía, lo que permitió identificar 43 publicaciones relevantes. El estudio destaca la importancia de la automatización y el uso de tecnologías digitales en el proceso de desmontaje, así como la necesidad de optimización y evaluación continua. Este enfoque sistemático proporciona una visión integral de la literatura actual y destaca áreas clave para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas en el campo del desmontaje de baterías de vehículos eléctricos; Según un estudio de la Comisión Europea (2018), la cantidad de baterías utilizadas en vehículos eléctricos dentro de la Unión Europea aumentará más de un 1000% entre 2023 y 2030. Esto significa que en 2030 habrá más de 1,1 millones de sistemas de baterías de vehículos eléctricos (EVBS) procedentes de vehículos eléctricos al final de su vida útil. La gran mayoría de estos vehículos usan baterías de iones de litio (lithium-ion battery en inglés), como reserva de energía a bordo, gracias a su mayor densidad de energía, su larga vida útil, y sus altas capacidades de carga y descarga. Una parte menor de vehículos eléctricos, algunos de los llamados vehículos híbridos, utilizan todavía baterías de níquel e hidruro metálico, pero se espera que hacia 2030 prácticamente todos utilicen baterías de litio, incluso en formas más avanzadas que las actuales. (Hertel et al., 2024)

Podemos identificar los tipos de fallas en baterías de iones de litio en estaciones de almacenamiento de energía en el artículo (Chen et al., 2023) presentando un enfoque innovador para mejorar la seguridad en el almacenamiento de energía. El estudio se destaca por su método de detección de tipos de fallas a través de la generación de gases durante el desencadenamiento de la termorunaway en baterías de litio. Existen varios enfoques para mejorar la seguridad en el almacenamiento de energía, especialmente en sistemas que utilizan baterías de iones de litio. Algunas de las estrategias comunes incluyen:

Detección temprana de fallas: Implementar sistemas de monitoreo avanzados que puedan detectar signos de problemas potenciales, como cambios en la temperatura, presión o liberación de gases, para identificar y abordar las fallas antes de que se conviertan en situaciones peligrosas 4.

Control de temperatura: Mantener las baterías dentro de rangos de temperatura seguros para prevenir el sobrecalentamiento, que es una de las principales causas de la termorunaway en las baterías de iones de litio. Esto se puede lograr mediante sistemas de enfriamiento efectivos y una gestión térmica adecuada 1.

Diseño de sistemas de ventilación y contención: Implementar sistemas de ventilación adecuados en las instalaciones de almacenamiento de energía para permitir la dispersión de gases peligrosos en caso de un incidente. Además, contar con medidas de contención para limitar la propagación de incendios o explosiones 4.

Uso de materiales y tecnologías seguras: Emplear materiales y tecnologías de baterías más seguras, como celdas con electrolitos sólidos en lugar de líquidos inflamables, para reducir los riesgos asociados con posibles fugas o reacciones químicas no deseadas 1.

Capacitación y protocolos de seguridad: Proporcionar capacitación adecuada al personal que opera y mantiene los sistemas de almacenamiento de energía, así como establecer protocolos claros de seguridad y respuesta a emergencias para actuar rápidamente en caso de incidentes 1.

Estos enfoques combinados pueden contribuir significativamente a mejorar la seguridad en el almacenamiento de energía y reducir los riesgos asociados con el uso de tecnologías de baterías de iones de litio en aplicaciones de gran escala. Al utilizar la concentración de gases como indicador, los investigadores logran identificar eficazmente los tipos de fallas, lo que resulta en una mayor eficiencia en la detección de fallas y en la garantía de la operación segura de los sistemas de almacenamiento de energía.

En Colombia se ha realizado la integración de vehículos eléctricos en micro redes basadas en energías renovables, presentando un gemelo digital de un cargador de baterías de motocicletas eléctricas para simular su funcionamiento. El estudio se realizó en el Laboratorio de Electrónica y Energías Renovables del Instituto Tecnológico Metropolitano en Medellín, Colombia. La micro red no aislada tiene una capacidad de 5.2 kW, con 3.6 kW provenientes de paneles fotovoltaicos. Se utilizó el software PSIM para validar el gemelo digital del cargador. Los resultados muestran que la recarga de la batería de la motocicleta eléctrica demanda un promedio de 265W y tarda aproximadamente 9 horas y 28 minutos para completarse, coincidiendo con los estándares del fabricante de la motocicleta. La inclusión de cargadores de vehículos eléctricos en la micro red se refleja en la variación de la demanda de energía a lo largo del día, demostrando la importancia de evaluar diferentes estrategias de

gestión de energía para una integración óptima de los vehículos eléctricos en micro redes sostenibles.(Herrera-Guerra et al., 2023)

El año 2023 las ventas de motocicletas eléctricas aumentaron significativamente en el mundo, con más de 10 millones de unidades vendidas. Representó un aumento de hasta 81 % frente a 2019. Ante la preponderancia de la movilidad sostenible, empresas colombianas diseñaron un plan para promover el intercambio de baterías eléctricas.

En Colombia, durante 2022 se vendieron 2.688 motos eléctricas, según cifras de la Asociación Nacional de Movilidad Sostenible (Andemos). Entre los beneficios de este tipo de vehículos, se destacan los bajos costos, pues en promedio, cargar una moto eléctrica es 5 veces más económico. En un trayecto de 100 km una moto normal gasta alrededor de \$13.000 de gasolina, mientras que una eléctrica \$2.400, dependiendo del costo de energía.

Pese a que la movilidad eléctrica está creciendo en el país, aún hay retos por resolver, uno de ellos es la autonomía y otro los costos de inversión. Ante este panorama, Unergo, de la mano de Muverang y NIU, instalaron una estación de intercambio de baterías eléctricas para motos en Medellín. El objetivo es promover el transporte sostenible, eliminar los largos tiempos de carga, aumentar la autonomía de la moto y optimizar la vida útil de las baterías.

Cabe destacar que en Colombia hay 18.082.451 vehículos, de los cuales 10.937.652 son motocicletas, según el Registro Único Nacional de Tránsito (Runt). Este tipo de vehículos consumieron 30% del combustible que se compró durante 2022, de acuerdo con la Asociación Colombiana de Petróleo (ACP) (Botero, 2023).

4.5 Controladores

En la era moderna de la movilidad eléctrica, la innovación en el diseño y control de vehículos eléctricos se ha vuelto crucial para optimizar su rendimiento y eficiencia. Uno de los avances más interesantes en este campo ha sido el desarrollo de controladores mejorados para motores de inducción, esenciales en la propulsión de vehículos eléctricos. En un esfuerzo por superar las limitaciones del tradicional Control Directo de Par (CDP), investigadores han propuesto una modificación significativa: la implementación de un controlador que utiliza modulación PWM senoidal con frecuencia de conmutación constante, trabajando en un marco de referencia fijo al fasor espacial de enlaces de flujo del estator. Esta estrategia ha demostrado no solo reducir los errores de par y flujo, sino también minimizar la

distorsión de las corrientes del estator y evitar problemas en los semiconductores del inversor, mejorando notablemente el desempeño general del sistema.

Este tipo de avances cobra una relevancia particular en contextos de vehículos eléctricos más especializados, como los karts de competición. Aquí, un equipo de investigación desarrolló un modelo computacional en MATLAB Simulink que simula tanto la dinámica del kart como su comportamiento eléctrico. Este modelo integra las fuerzas físicas como la aceleración, el torque y el estado de carga de las baterías, permitiendo simular de manera precisa el rendimiento del kart y evaluar diferentes configuraciones antes de realizar pruebas en pista. Con este enfoque, se reducen significativamente tanto los costos como el tiempo requerido para el desarrollo y optimización del vehículo. Además, la capacidad de evaluar la eficiencia de las baterías y la efectividad de los componentes eléctricos resulta fundamental para maximizar el rendimiento de un kart eléctrico, lo que refuerza la importancia de considerar no solo el diseño mecánico, sino también la optimización del sistema eléctrico en su totalidad.

A su vez, el desarrollo de controladores inteligentes mediante sistemas de inferencia difusa, como los modelos Mandani y Sugeno, ha permitido una mayor adaptabilidad a las variaciones del torque y la velocidad en los motores de inducción. Estos sistemas no requieren valores exactos, sino que operan con una aproximación eficiente, adaptándose dinámicamente a las condiciones cambiantes del vehículo eléctrico. La implementación de estos controladores inteligentes, que combinan técnicas de defuzzificación (**proceso de obtener un valor cuantificable en Lógica clásica**) y reglas coherentes, ha demostrado ser exitosa, evidenciando una mejora sustancial en el control del motor y la optimización del rendimiento global.

Así, estas innovaciones no solo abren nuevas posibilidades para el diseño de vehículos eléctricos de alto rendimiento, sino que también contribuyen a avanzar en el campo del automovilismo eléctrico, proporcionando herramientas y soluciones que permitirán enfrentar los retos de una industria en constante evolución. Con cada nuevo avance, se acerca el futuro de la movilidad eléctrica, más eficiente, accesible y tecnológicamente avanzada.

5. Estado del Arte

A continuación, se presenta el estado del arte del proyecto de investigación, en el cual se podrá encontrar información relacionada con sistemas solares fotovoltaicos y movilidad eléctrica.

5.1 Paneles solares

Como se evidencia en el estudio (Arissetyadhi et al., 2020b) vemos de manera experimental el efecto que tiene la configuración arqueada de paneles solares semi cristalinos monocristalinos flexibles en su rendimiento y producción de energía. Se realiza un estudio sobre el uso de estos paneles flexibles instalados en configuraciones cóncava y convexa, además de la configuración plana convencional. Se realiza en modo de experimento la instalación de los paneles en las tres configuraciones mencionadas (plana, cóncava y convexa) y medir la potencia generada, eficiencia, voltaje de circuito abierto, corriente de cortocircuito y otros parámetros relevantes, tomando datos en la estación seca (agosto). 2019) y lluviosa (enero 2020) en Palembang, Indonesia. Esto nos demuestra que la configuración cóncava produjo la mayor potencia (20.27 W) y eficiencia (13.14%) durante la estación seca en comparación con las configuraciones plana y convexa, superando esta última a la plana, lo que indicaba que las configuraciones arqueadas aprovechaban mejor la radiación solar incidente y abren posibilidades para aplicaciones móviles como robots agrícolas que requerían paneles flexibles.

También podemos evidenciar un estudio sobre la implementación de un sistema de generación de carga eléctrica mediante paneles fotovoltaicos en un vehículo eléctrico, con el fin de determinar la variación en su autonomía se seleccionó e implementó un sistema adecuado en el vehículo realizando pruebas y mediciones para evaluar parámetros como la potencia generada, la velocidad alcanzada y la variación en la carga de las baterías. El estudio demostró la viabilidad de utilizar paneles solares para incrementar la autonomía de los vehículos eléctricos de manera amigable con el medio ambiente, aprovechando las condiciones geográficas favorables del Ecuador, y brindó recomendaciones para mejorar la eficiencia del sistema y explorar nuevas tecnologías en este campo. (Araujo et al., 2023)

Se realiza una investigación con el fin de implementar un sistema de carga mediante celdas fotovoltaicas en un vehículo buggy eléctrico con el objetivo de aumentar su

autonomía, donde se involucra el dimensionamiento y conexión en serie de paneles solares de 50W y 30W, la utilización de un elevador de tensión para regular el voltaje y cargar las baterías de 60V, la instalación de 3 baterías de ion-litio de 15Ah para almacenar la energía, el análisis del ángulo óptimo de instalación de los paneles en Quito y la realización de pruebas de funcionamiento para determinar los tiempos de carga de las baterías con el sistema fotovoltaico.

Demostrando el proceso de diseño, selección de componentes y pruebas realizadas para implementar este sistema de carga solar en el vehículo buggy eléctrico, aprovechando la energía renovable para extender su autonomía. (Sánchez Mosquera, 2022)

Este análisis presenta una plataforma móvil de pruebas para investigar la eficiencia de conversión de energía solar en electricidad para vehículos, donde se instalaron dos paneles fotovoltaicos semiflexibles en el techo de un vehículo Dacia Logan 2, conectándose a diferentes controladores solares para cargar baterías de plomo-ácido y LiFePO₄.

Se realizan mediciones durante la carga para derivar la eficiencia del sistema fotovoltaico completo.

Se analizaron tres controladores solares: uno PWM comercial, uno MPPT comercial y uno MPPT desarrollado con el algoritmo Perturbar y Observar. Finalmente se proponen dos arquitecturas para el Vehículo Eléctrico Solar Logan y se estiman los requisitos del sistema fotovoltaico. (Perisoara et al., 2022)

5.2 Movilidad Eléctrica

Se describe el diseño y construcción de un vehículo eléctrico a control remoto como prototipo funcional a escala para estudiar y comprender el funcionamiento de los vehículos eléctricos. El proyecto involucró el diseño asistido por computadora de la estructura mecánica, la selección de componentes eléctricos y electrónicos, así como la construcción física del vehículo. Se realizaron cálculos y pruebas experimentales para evaluar el desempeño del prototipo en términos de capacidad de carga, autonomía de batería y consumo de energía. El resultado es una contribución práctica y didáctica en el campo de la movilidad eléctrica sostenible.

(Rivera, s. f.)

Como se destacan los nuevos riesgos de seguridad asociados con la creciente adopción de vehículos eléctricos y sus altas tensiones de corriente continua (CC) de hasta 500V. A pesar de la percepción de que la CC es menos peligrosa que la corriente alterna (CA), estos altos voltajes presentan riesgos graves como descargas eléctricas, quemaduras y fibrilación ventricular. Por lo tanto, se requieren medidas de protección adicionales, tanto en las estaciones de carga como en los propios vehículos, para evitar accidentes. Además de los dispositivos de protección, es necesaria la capacitación sobre prácticas seguras de carga para profesionales y el público en general, dada la creciente presencia de estos altos voltajes de CC. (Novothy, 2020)

Se presenta el diseño de una motocicleta eléctrica de competición a partir de la conversión de una motocicleta de combustión interna existente. Se centra en el análisis y selección de componentes clave como el kit de conversión eléctrico (motor y controlador) y las baterías de ion-litio, evaluando diferentes opciones en base a dimensiones, potencia, tensión, energía y peso. El método propuesto consiste en adaptar el chasis original realizando las modificaciones mínimas necesarias para integrar el nuevo motor eléctrico y las baterías seleccionadas. Se realiza una comparativa de prestaciones entre el motor eléctrico elegido y el motor de combustión original, demostrando que el diseño propuesto permite mantener buenas prestaciones en una motocicleta de competición convertida a eléctrica.

(Rivera, s. f.)

Examinan la preparación de la ciudad de Medellín en términos de infraestructura de electrolineras para satisfacer la demanda esperada de vehículos eléctricos en los próximos años. Se presenta un marco teórico y legal relevante, y se plantea la pregunta de investigación sobre la capacidad de Medellín para abastecer esta nueva demanda. El trabajo analiza datos sobre la cantidad actual y proyectada de electrolineras, así como las estrategias de la administración municipal y la empresa de energía EPM para promover la movilidad eléctrica. Mediante un enfoque analítico-descriptivo basado en fuentes primarias, el artículo brinda una perspectiva sobre los retos y acciones que enfrenta Medellín para adaptarse a esta forma de movilidad sostenible.

(Ruíz & Serna, s. f.)

Se analiza el mercado de energías renovables en Sudamérica, específicamente evaluando las oportunidades de comercialización de paneles solares fotovoltaicos para la empresa portuguesa Open Plus en Argentina, Brasil, Chile y Ecuador. La investigación emplea una metodología cualitativa-descriptiva y se distingue por utilizar una matriz de ponderación que evalúa cuatro criterios fundamentales: importaciones de módulos solares (30%), tasa de crecimiento de importaciones (20%), condiciones para invertir (30%) y cercanía geográfica (20%). Basándose en el modelo Uppsala como marco teórico para el proceso de internacionalización, el estudio concluye que Brasil representa la opción más viable para la inversión, destacando tres factores clave: su matriz energética diversificada, la crisis hídrica que impulsa la búsqueda de energías alternativas, y un sólido sistema de subastas e incentivos gubernamentales para energías renovables. Como recomendación final, se sugiere que Open Plus realice una inversión extranjera directa en Brasil, aprovechando las ventajas del acuerdo MERCOSUR, e implemente estrategias específicas como la utilización de brókers comerciales y la participación en ferias especializadas del sector. (Baquero, Cardenas, Fulano, 2020)

Se presenta el desarrollo de un sistema de telemetría en tiempo real para karts eléctricos de competición, específicamente diseñado para un vehículo adaptado de la Universidad de los Andes. El sistema cuenta con una arquitectura modular basada en nodos conectados por protocolo I2C, empleando Arduino como microcontrolador y módulos XBee S1 Pro para comunicación inalámbrica con un alcance de 1600m. La solución integra múltiples sensores para medir diversos parámetros como temperatura mediante termocuplas MAX6775, aceleración en tres ejes, velocidad angular, así como posición e inclinación del vehículo. Se destaca su diseño compacto y ligero con un peso inferior a 2kg, utilizando cajas interconectadas mediante uniones anti-vibraciones que facilitan tanto su instalación como mantenimiento. Los datos se visualizan en tiempo real a través de una interfaz MATLAB, permitiendo analizar el comportamiento tanto del vehículo como del piloto. La principal innovación del proyecto radica en crear una solución específica y escalable para karts eléctricos modificados, presentándose como una alternativa a los costosos sistemas comerciales que están diseñados principalmente para vehículos de combustión interna. El sistema fue sometido a un proceso de validación mediante pruebas de calidad de señal y evaluaciones comparativas con pilotos de diferentes niveles de experiencia. (Albarracín,

2018)

Se analizó el proceso de adopción y compra de taxis eléctricos en Bogotá, Colombia, abordando una brecha en la literatura existente sobre electrificación del transporte. La investigación se desarrolló mediante una metodología cualitativa, basada en entrevistas semiestructuradas realizadas a nueve propietarios de taxis, incluyendo tanto conductores como no conductores, durante el período de septiembre a noviembre de 2022.

La investigación revela diferencias significativas en las preferencias según el perfil del propietario. Los conductores-propietarios priorizan aspectos como la comodidad, el ruido y la seguridad, mientras que los propietarios no conductores centran su atención principalmente en la rentabilidad del vehículo. Si bien el factor económico, que incluye el precio de compra y los costos operativos, emerge como la consideración principal, el estudio destaca la marca del vehículo como segundo factor más importante, un hallazgo novedoso no identificado en investigaciones previas.

El análisis temático del estudio identifica aspectos clave como la percepción del mercado, el entendimiento de vehículos eléctricos, los factores en la decisión de compra y los incentivos. Una barrera significativa para la adopción es el limitado conocimiento sobre aspectos técnicos de los vehículos eléctricos, particularmente en relación con los puntos de carga y la autonomía, lo que genera incertidumbre y resistencia entre los potenciales compradores.

Como respuesta a estos desafíos, la investigación propone la implementación de un sistema de taxis eléctricos premium y enfatiza la necesidad de mejorar la difusión de información sobre la operación de estos vehículos. El estudio concluye que, aunque los propietarios mantienen criterios similares al evaluar tanto taxis tradicionales como eléctricos, la falta de familiaridad con la tecnología eléctrica constituye un obstáculo significativo para su adopción generalizada en el mercado de taxis de Bogotá. (Cáceres, 2020)

Se describe el desarrollo de un innovador sistema de transporte en Chiapas, México, centrado en vehículos eléctricos tipo mototaxi con recarga solar fotovoltaica autónoma. Los vehículos,

fabricados por INVEMEX, primera fábrica de vehículos eléctricos en Chiapas, tienen una capacidad de carga de 130 kg y alcanzan una velocidad de 30 km/h.

La implementación del sistema de recarga solar ha logrado mejoras significativas en la autonomía del vehículo, alcanzando incrementos del 76% con baterías de 105 Ah, 89% con baterías de 130 Ah, y hasta un 100% con baterías de 150 Ah. Este sistema aprovecha la alta radiación solar de la región, que supera los 4.7 kWh/m²-día, permitiendo reducir el tiempo de recarga de 9 a 5 horas.

Los beneficios del proyecto incluyen una menor dependencia de la red eléctrica pública, reducción de costos operativos y la eliminación de emisiones de gases de efecto invernadero. El diseño versátil del vehículo permite su adaptación para diversos servicios como transporte de pasajeros, recolección de basura y seguridad privada.

Este desarrollo representa una solución sostenible y viable para el transporte urbano en Chiapas, combinando eficientemente la energía eléctrica convencional con la energía solar, y ofreciendo una alternativa práctica y ecológica para las necesidades de transporte local. (Chonona, 2015)

6. Diseño del vehículo

El diseño del vehículo eléctrico de la Escudería Bravo se caracteriza por un sistema de alimentación eficiente y seguro, el cual integra una batería de 48 voltios y 10 amperios como fuente principal de energía. Esta batería está conectada a una serie de componentes eléctricos a través de un sistema de distribución de energía estructurado para garantizar tanto el funcionamiento adecuado del vehículo como la protección de sus sistemas.

El positivo y el negativo de la batería están conectados a unas borneras, que actúan como puntos de distribución de energía. Desde estas borneras, se deriva una línea negativa que alimenta el controlador, el cual regula la energía enviada al motor eléctrico del vehículo. Además, una fase de energía proveniente de la batería pasa por un par de paros de emergencia. Estos paros están instalados en serie con el controlador, y su función es esencial para la seguridad del vehículo: si los paros de emergencia son activados, cortan de inmediato el flujo de energía, apagando el vehículo y deteniendo el motor, lo que permite a los conductores o técnicos detener el vehículo de forma segura en situaciones de emergencia.

El controlador desempeña un papel central en la gestión de la potencia que se suministra al motor eléctrico. Además de su función principal de controlar la aceleración y el rendimiento del vehículo, el controlador también distribuye energía a una pantalla LED que sirve como interfaz de usuario. Esta pantalla permite al conductor encender el vehículo y modificar el modo de manejo, ajustando la potencia que se entrega al motor según las necesidades de la carrera o el estilo de conducción. De esta manera, se ofrece una mayor flexibilidad y control sobre el rendimiento del vehículo.

El sistema también incluye un mecanismo de frenos que actúa de manera integrada con el motor. Los dos frenos, al ser presionados cualquiera de los dos, detienen parcialmente el motor sin apagarlo completamente. Este sistema permite que el vehículo reduzca su velocidad de manera controlada, pero mantiene el motor en funcionamiento hasta que los frenos sean liberados. Esta característica es especialmente útil para el control preciso durante las maniobras de carrera, ya que permite una desaceleración rápida sin cortar completamente la potencia del motor.

En resumen, el diseño eléctrico del vehículo de la Escudería Bravo incorpora una batería de 48V y 10 A.h como fuente de energía central, distribuida de manera eficiente a través de un controlador y un sistema de seguridad que incluye paros de emergencia. El controlador permite un ajuste dinámico de la potencia del motor y gestiona la distribución de energía a los frenos y la pantalla LED, proporcionando al conductor un control preciso sobre el vehículo mientras asegura la seguridad durante su operación.

El vehículo está equipado con un sistema de telemetría avanzado que permite la recopilación y monitoreo en tiempo real de diversos parámetros clave relacionados con el rendimiento y la eficiencia del vehículo. Este sistema de telemetría se conecta directamente a los componentes eléctricos y de control, proporcionando información valiosa sobre el funcionamiento del vehículo durante las carreras o pruebas.

Entre los datos monitoreados por la telemetría se encuentran:

Potencia: La telemetría mide la potencia que el motor está consumiendo en todo momento, lo que permite evaluar el rendimiento energético del vehículo en diferentes condiciones de manejo. Esta información es crucial para ajustar el modo de conducción y optimizar el uso de la energía almacenada en la batería.

Voltaje: El sistema monitorea de forma continua el voltaje de la batería, lo que es fundamental para asegurar que el vehículo esté operando dentro de los parámetros seguros. Los cambios en el voltaje pueden indicar posibles fluctuaciones en el suministro de energía o problemas de eficiencia en el sistema de carga.

Amperaje: La telemetría también registra el amperaje que circula a través del sistema, lo que permite observar el consumo de corriente del motor y otros componentes eléctricos del vehículo. Este dato es importante para identificar sobrecargas o posibles pérdidas de energía en el sistema eléctrico.

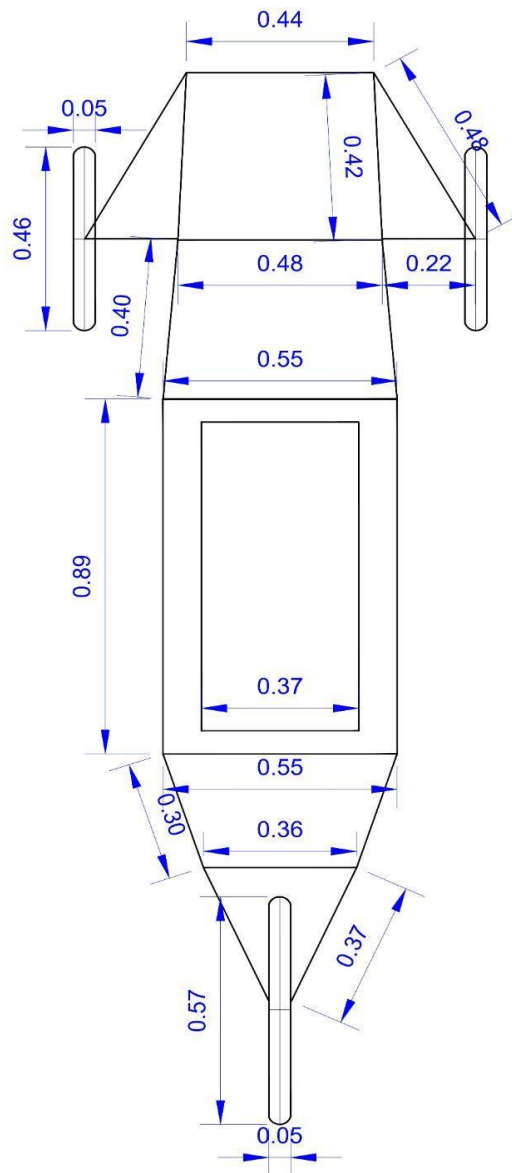
Distancia recorrida: Además de los parámetros eléctricos, el sistema de telemetría registra la distancia recorrida por el vehículo, proporcionando datos precisos sobre la autonomía del mismo. Esta métrica es esencial para evaluar el rendimiento del sistema fotovoltaico y determinar si la energía generada por los paneles solares está contribuyendo efectivamente a extender la autonomía del vehículo.

Estos datos recopilados por la telemetría son visualizados en tiempo real a través de una pantalla o unidad de monitoreo, lo que permite a los operadores o ingenieros realizar ajustes durante la carrera o en las pruebas, basándose en la información precisa sobre el comportamiento energético y el rendimiento general del vehículo. La telemetría no solo optimiza la gestión de la energía, sino que también sirve como herramienta de diagnóstico, ayudando a detectar posibles fallos o ineficiencias en el sistema y garantizando que el vehículo funcione de manera óptima durante su operación.

En resumen, el sistema de telemetría del vehículo eléctrico de la Escudería Bravo no solo permite la recolección de datos sobre potencia, voltaje, amperaje y distancia recorrida, sino que también proporciona información crítica para el monitoreo en tiempo real, optimización del rendimiento y diagnóstico del sistema. Esto, combinado con el diseño eléctrico eficiente y los paneles fotovoltaicos, contribuye a mejorar la autonomía y el control del vehículo en condiciones de competencia.

A continuación, se podrá evidenciar los aspectos físicos del vehículo Escudero Bravo.

6.1 Dimensiones del vehículo



Acotado

Imagen 2.

6.2 Equipos

Motor



**Motor De Buje Compatible
Con Bicicleta Eléctrica 48v
500w**

|

Imagen 3.

El vehículo cuenta con un motor de bicicleta de 48 voltios, 10 amperios ubicado en su llanta trasera.

6.3 Bateria



Bateria Ion-Litio

Voltaje: 40v

Amperaje: 10Ah

Imagen 4.

6.4 Pantalla LED



**Panel de control mediano de pantalla KT-LCD3
24/36/48V bicicleta eléctrica bicicleta scooter
impermeable**

Imagen 5.

6.5 Volante



Imagen 6.

En el volante tenemos accesibilidad al freno y acelerador.



Imagen 7.

6.6 Paro de emergencia



Imagen 8.

El vehículo cuenta con dos paros de emergencia.

6.7 Telemetría

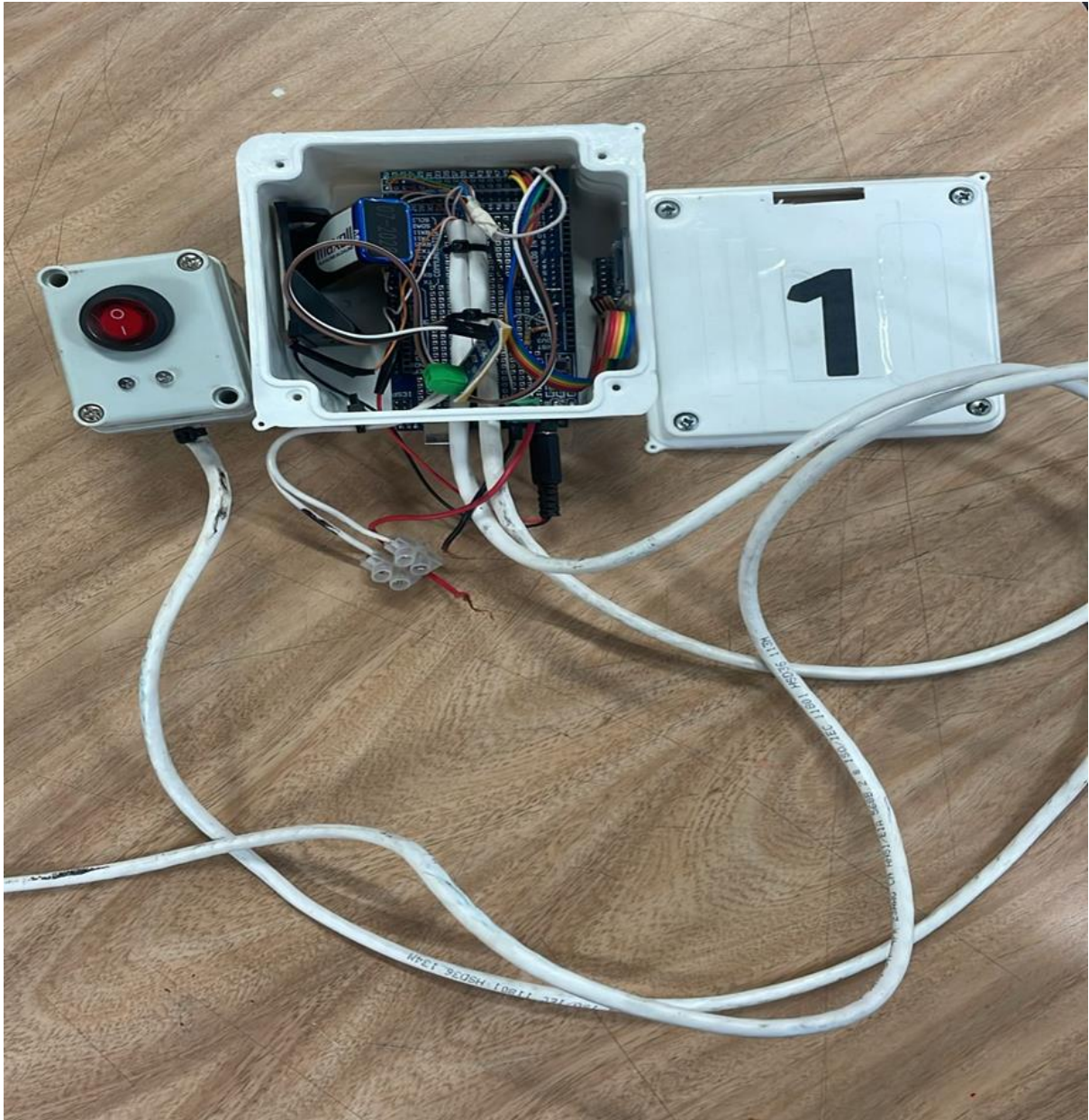
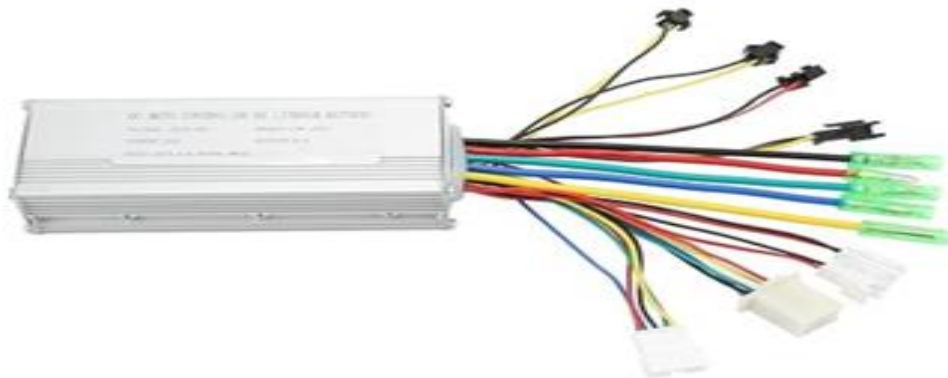


Imagen 8.

La telemetría está programada mediante un Arduino, el cual permite tomar datos de voltaje, potencia, amperaje y distancia.

6.8 Controlador



**Qiilu Controlador 48V
500W Controlador
eléctrico sin escobillas
controlador con cable de
lámpara para 36V 48V
500W Motores Piezas
modificadas**

Imagen 9.

6.9 Carrocería



Imagen 10.

Esta es una foto real del vehículo Escudería Bravo.

6.10 Diagrama Unifilar

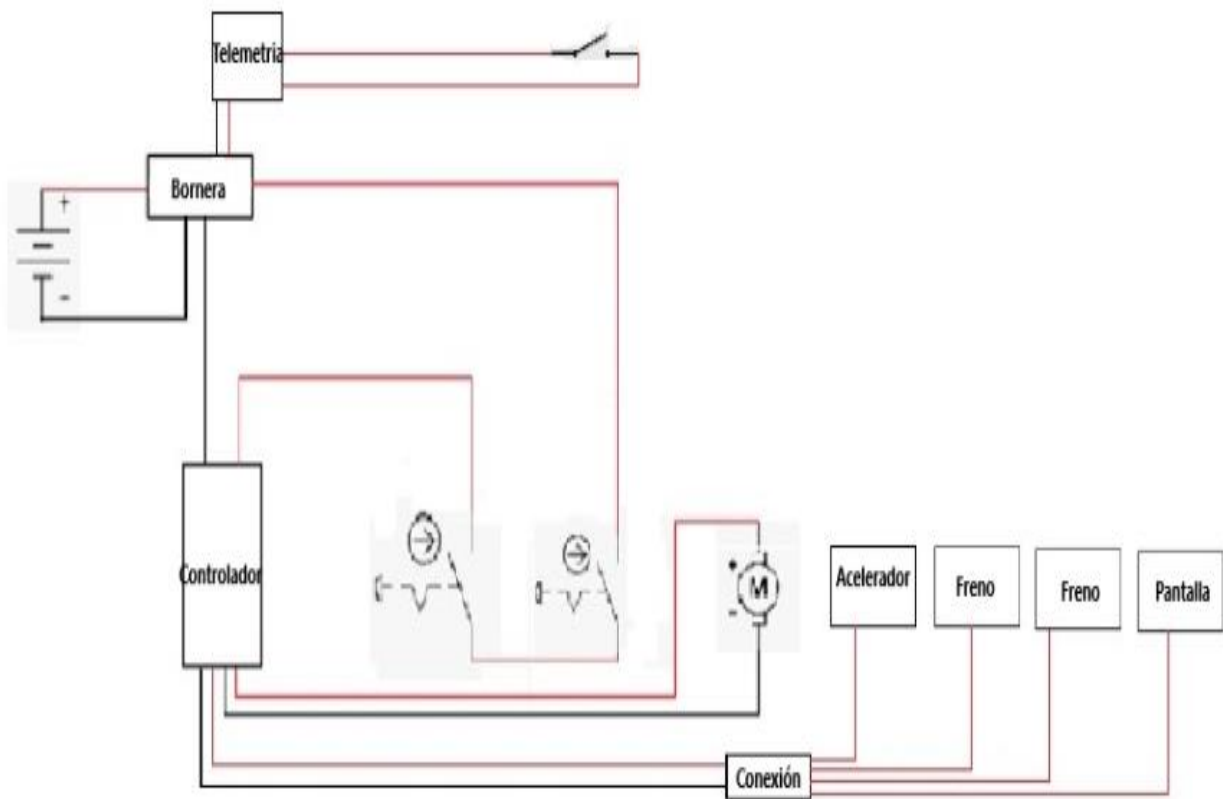


Imagen 11.

6.11 Ubicación de los equipos

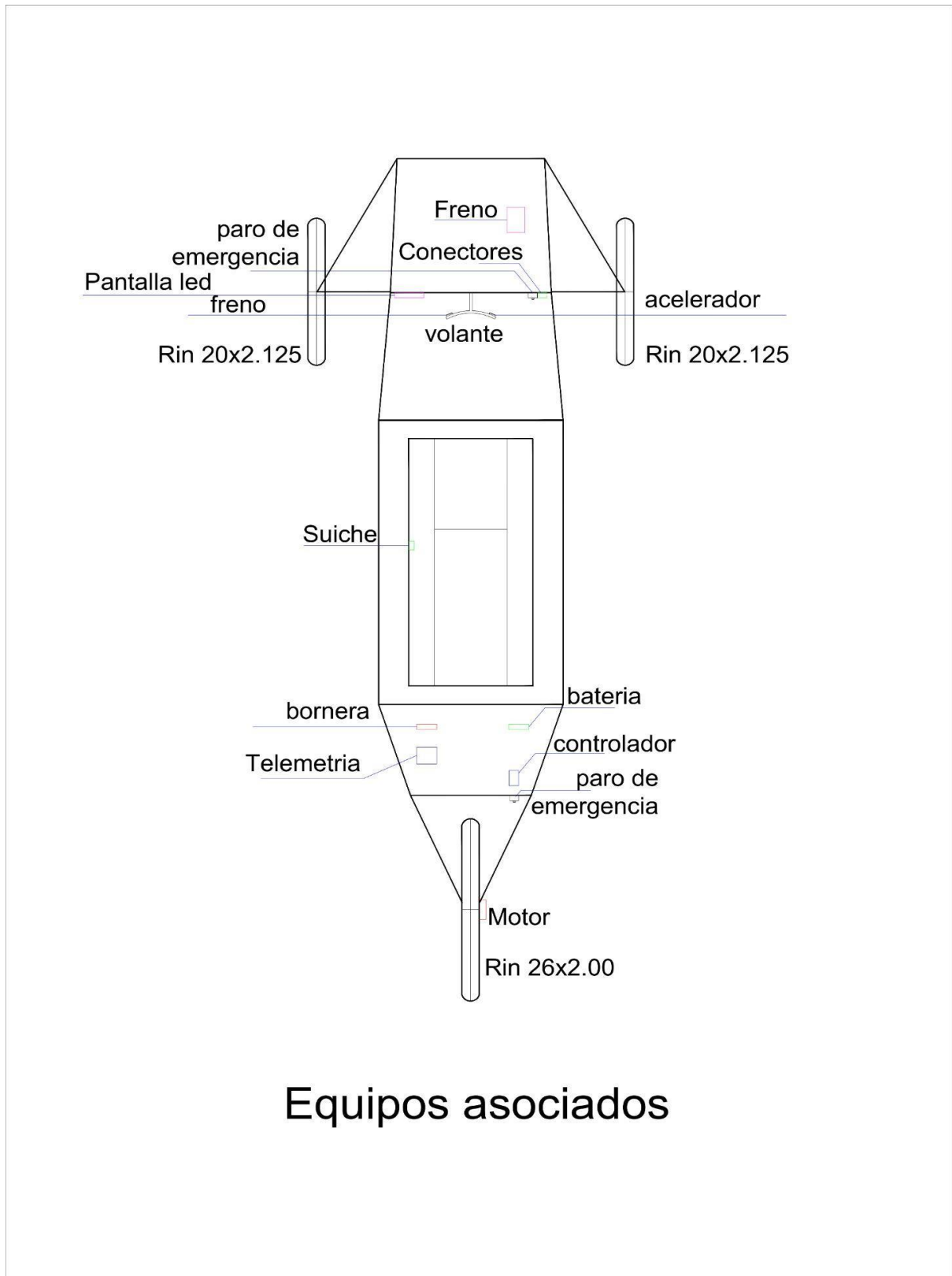


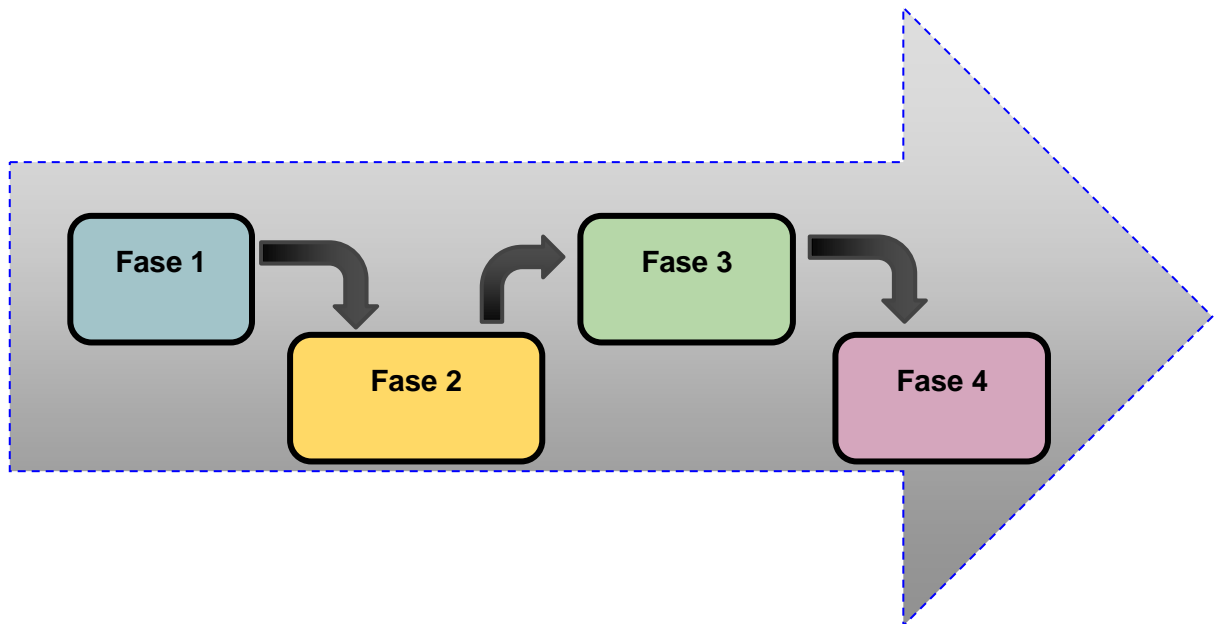
Imagen 12.

6.12 Conexiones de los equipos



Imagen 13.

7. Metodología

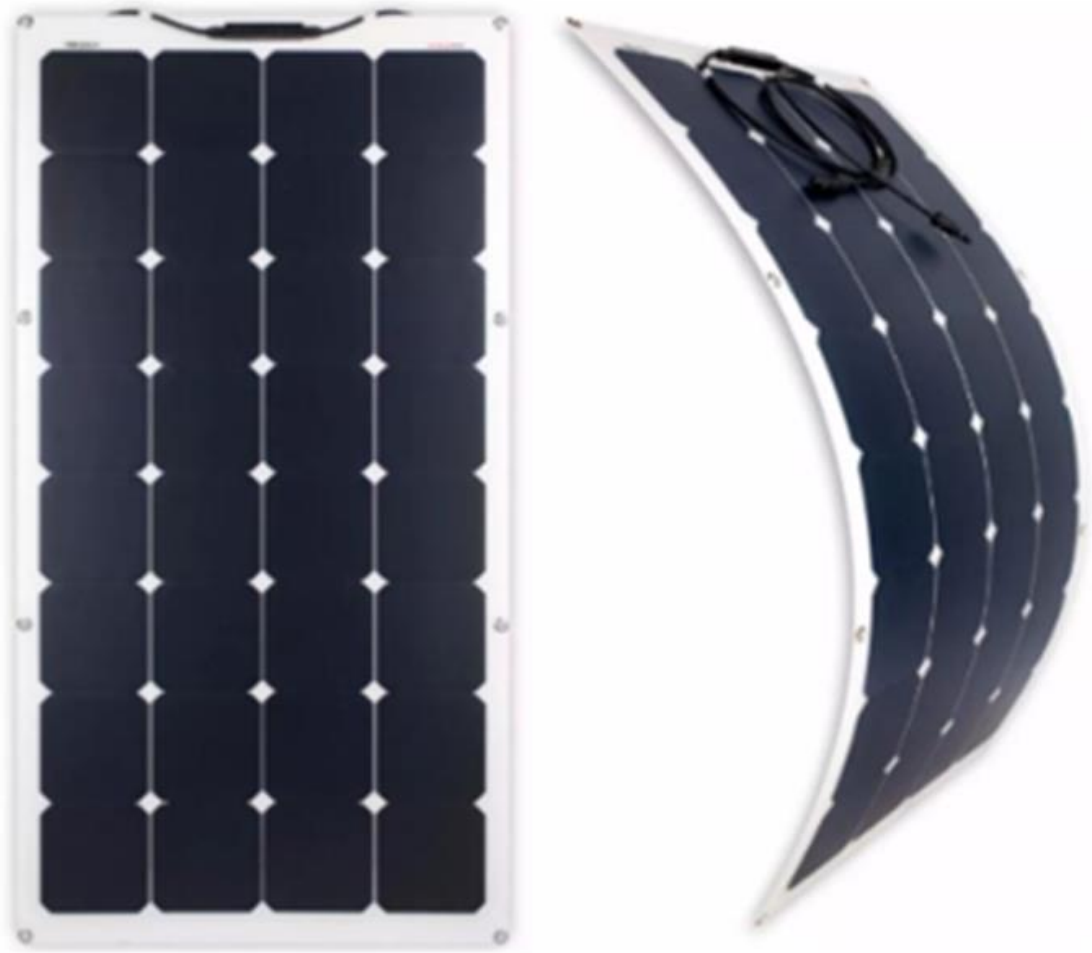


7.1 Fase 1

Para el diseño, los paneles fotovoltaicos se colocaron en el techo del vehículo eléctrico de la Escudería Bravo. Esta posición se seleccionó en lugar de los laterales por diversas razones técnicas y de rendimiento. En primer lugar, la exposición directa al sol es más efectiva en la parte superior del vehículo debido a que, durante la mayoría de las horas del día, la radiación solar incide de manera más directa sobre el techo. Los paneles ubicados en esta posición capturan la mayor cantidad de energía solar, ya que esta superficie está menos obstruida por elementos del entorno (como edificios, árboles o el propio vehículo en movimiento) en comparación con los laterales, que pueden estar más expuestos a sombras o ángulos no óptimos de incidencia solar.

Desde el punto de vista aerodinámico, colocar los paneles en el techo minimiza el impacto sobre el flujo de aire alrededor del vehículo. Se utilizaron paneles fotovoltaicos semiflexibles, que permiten mantener un perfil aerodinámico eficiente y adaptarse mejor a las dimensiones de la superficie del techo. Además, se seleccionaron cuatro paneles, ya que eran los que mejor se ajustaban a las medidas disponibles en el vehículo, optimizando el espacio sin comprometer el diseño general.

7.1.1 Paneles



Características:

Potencia Máxima: **100W**

Vmp (V): 17.8

Imp (A): 5.62

Voc (V): 21.6

Isc (A): 5.97

Tamaño: 1100 x 570 x 2.5 mm

Eficiencia: 24%

Peso: 1.5 Kg (Normalmente un panel convencional en vidrio pesa 8 Kg)

Imagen 14.

En la parte superior, los paneles no interfieren con las partes fundamentales del diseño de la carrocería o los sistemas de refrigeración del vehículo, asegurando que el sistema de energía fotovoltaica sea una adición sin comprometer el rendimiento general del vehículo. Además, esta ubicación ayuda a distribuir el peso de manera uniforme, mejorando la estabilidad estructural y evitando desbalances durante el movimiento. También es menos propensa a sufrir daños por impactos laterales, un riesgo mayor en las secciones laterales del vehículo.

En resumen, al ubicar los paneles fotovoltaicos en la parte superior del vehículo se maximiza la captación de energía solar al aprovechar la radiación directa, se mejora la aerodinámica al reducir la resistencia al viento, se garantiza una distribución eficiente del peso y se protege el sistema de posibles daños. Todo esto, mientras se mantiene la estética y funcionalidad del vehículo dentro de los límites establecidos para una escudería de carreras.

7.1.2 Vehículo con paneles



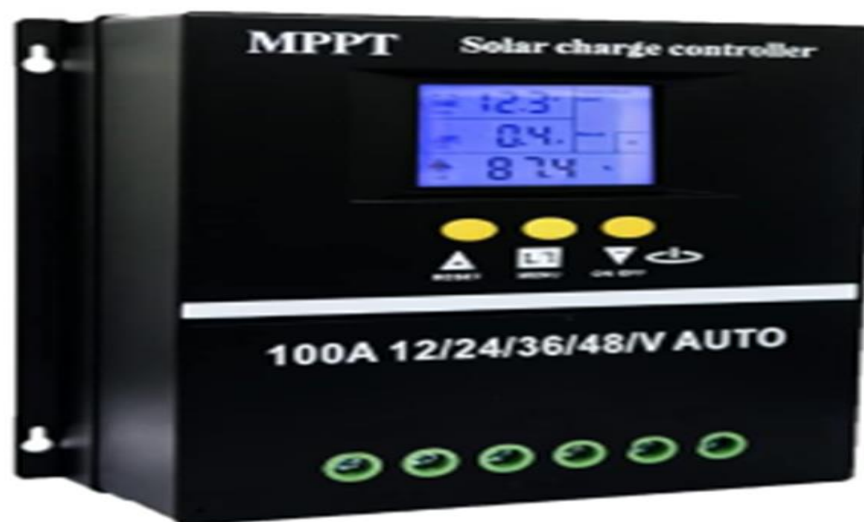
Imagen 15.

Esta es una vista lateral del vehículo con los paneles instalados.

7.2 Fase 2

Para la implementación del sistema fotovoltaico en el vehículo eléctrico de la Escudería Bravo, se diseñó un circuito de conexión que garantiza la correcta gestión de la energía generada por los paneles solares. En primer lugar, la energía captada por los paneles fotovoltaicos semiflexibles, ubicados en el techo del vehículo, es enviada al regulador de carga. Este componente desempeña un papel crucial en el sistema, ya que su función principal es asegurar que la energía generada por los paneles sea transformada y distribuida de manera adecuada hacia la batería del vehículo, sin riesgos de sobrecarga o pérdida de eficiencia. El regulador controla el flujo de energía, evitando que la batería reciba un exceso de voltaje que podría dañarla, y asegura que el proceso de carga se realice de forma óptima, maximizando la vida útil de la batería y mejorando la eficiencia general del sistema.

7.2.1 Regulador de voltaje



| | |
|---------------------------------|--|
| Marca | SOGTICPS |
| Voltaje | 48 Voltios (CC) |
| Dimensiones del producto | 7,67"L x 2,59"an. x 7,24"aL. pulgadas |
| Tipo de pantalla | LCD |
| UPC | 716963493307 |

Imagen 16.

Una vez que la energía ha sido procesada por el regulador, se dirige hacia la batería principal del vehículo, que es la encargada de almacenar esta energía. La batería suministra la electricidad necesaria para alimentar el motor eléctrico y otros sistemas del vehículo durante las carreras o en el uso normal. El uso de esta batería combinada con los paneles solares permite que el vehículo funcione de manera más autónoma, ya que parte de la energía que requiere para su funcionamiento puede provenir directamente de la energía solar captada durante el día. Esta estrategia contribuye a reducir la dependencia de fuentes de carga externas, extendiendo la autonomía del vehículo y optimizando el uso de los recursos energéticos disponibles.

Para evaluar la eficiencia del sistema fotovoltaico, se implementaron herramientas de monitoreo y medición que registran constantemente los datos de la energía generada por los paneles solares, la energía almacenada en la batería, y el desempeño del vehículo en condiciones de carrera. Estos datos permiten analizar el impacto directo de los paneles solares en la autonomía del vehículo, comparando el rendimiento con el sistema tradicional de alimentación eléctrica sin el soporte fotovoltaico. A través de este análisis, se pueden identificar posibles áreas de mejora en el sistema de integración, como la eficiencia de los paneles solares en diferentes condiciones de luz, el comportamiento de la batería bajo carga solar y el efecto que tiene la carga solar en la aceleración y la velocidad del vehículo.

En resumen, al conectar los paneles solares a la batería mediante un regulador de carga, se asegura una implementación eficiente y segura del sistema fotovoltaico, permitiendo que la energía solar complementaria no solo aporte al funcionamiento del vehículo, sino que también sea monitoreada para medir su efectividad. Este enfoque proporciona una visión clara de cómo los paneles solares pueden contribuir a la mejora de la autonomía del vehículo eléctrico de la Escudería Bravo, optimizando su rendimiento energético durante las competiciones.

7.3 Fase 3 Resultados:

En esta etapa se evaluaron los datos obtenidos en las pruebas estáticas realizadas en el vehículo furtivo I, obteniendo los siguientes resultados.

Variables de entrada:

Peso 1: 65 kg

Peso 2: 70 kg

Peso 3: 75 kg

Batería 1: 480 W.h

Batería 2: 480 W.h

Potencia 1 controlador: 500 W

Potencia 2 controlador: 650 W

Potencia 3 controlador: 700 W

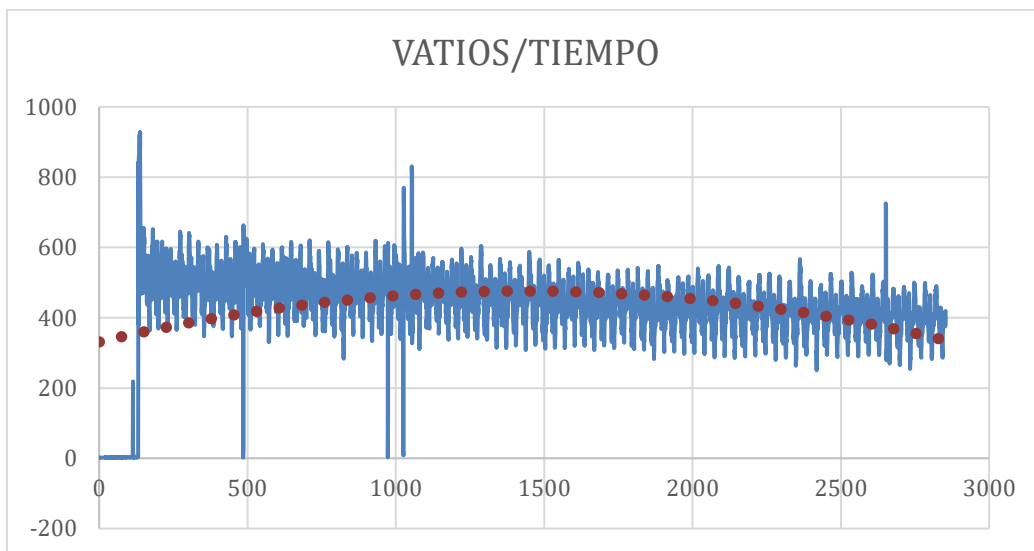
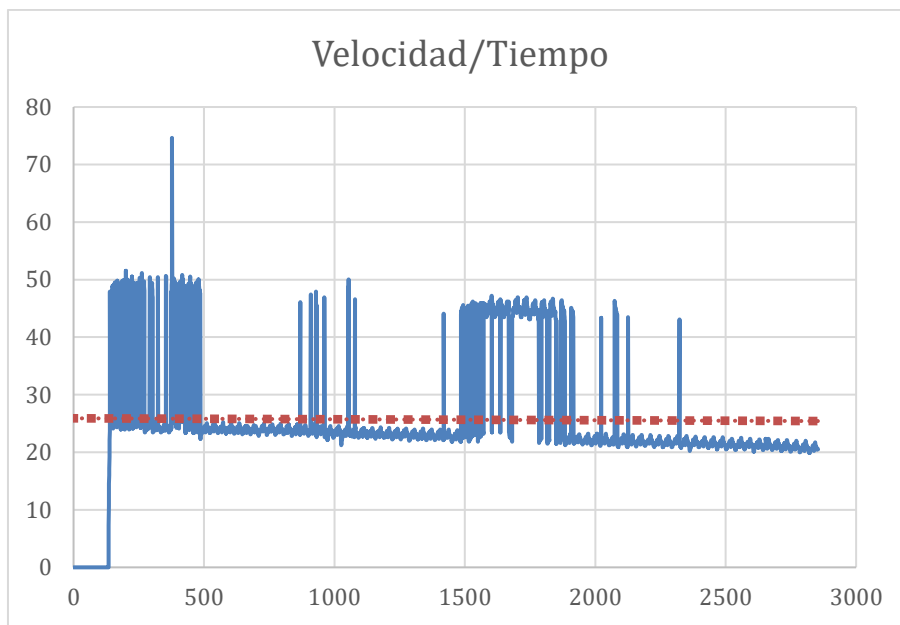
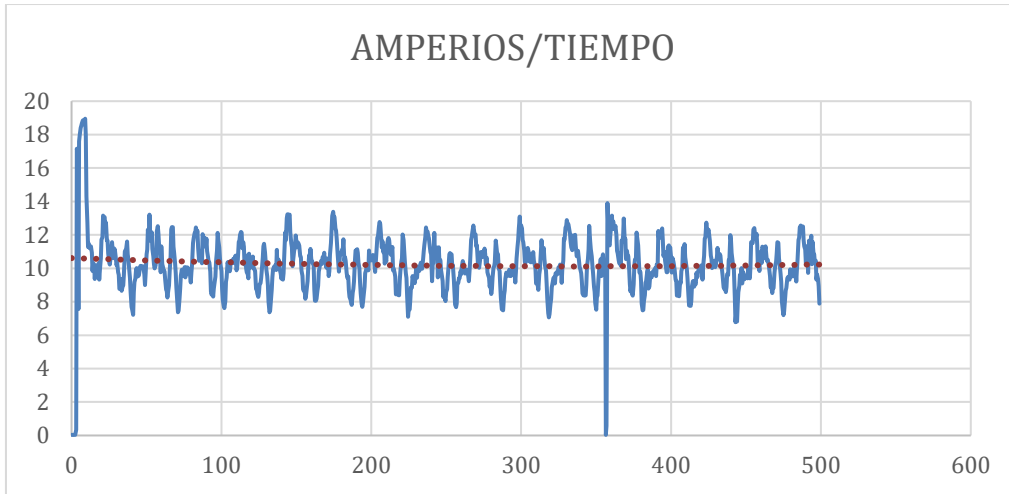
Prueba 1:

Peso 1: 65 kg

Batería 1: 480 W.h

Potencia 1 controlador: 500 W

| TIEMPO | AMPERIOS | DIFF | VOLTIOS | Consumo(W) | | | | VATIOS | Velocidad Km/h |
|--------|----------|---------|---------|------------|-------------|--------------------|--------------------|--------|----------------|
| 0 | 0,034 | 0,01675 | 52,56 | 1,78704 | 0,88137 | CONSUMO | 7,671086319 | 1,77 | 0 |
| 0,5 | 0,033 | 0,01575 | 52,68 | 1,73844 | 0,82971 | TIEMPO | 0,792638889 | 1,76 | 0 |
| 1 | 0,03 | 0,01675 | 52,68 | 1,5804 | 0,88239 | Velocidad promedio | 25,26 | 1,56 | 0 |
| 1,5 | 0,037 | 0,0185 | 52,68 | 1,94916 | 0,97458 | Potencia promedio | 422,77 | 1,96 | 0 |
| 2 | 0,037 | 0,01875 | 52,68 | 1,94916 | 0,98775 | | | 1,93 | 0 |
| 2,5 | 0,038 | 0,097 | 52,68 | 2,00184 | 5,10996 | | | 2,02 | 0 |
| 3 | 0,35 | 4,3775 | 52,68 | 18,438 | 230,6067 | | | 1,73 | 0 |
| 3,5 | 17,16 | 8,50825 | 52,68 | 903,9888 | 448,21461 | | | 1,92 | 0 |
| 4 | 16,873 | 6,109 | 52,68 | 888,86964 | 321,82212 | | | 1,94 | 0 |
| 4,5 | 7,563 | 6,28775 | 52,68 | 398,41884 | 331,23867 | | | 1,63 | 0 |
| 5 | 17,588 | 8,88825 | 52,68 | 926,53584 | 468,23301 | | | 1,81 | 0 |
| 5,5 | 17,965 | 9,09025 | 52,68 | 946,3962 | 478,87437 | | | 1,82 | 0 |
| 6 | 18,396 | 9,23075 | 52,68 | 969,10128 | 486,27591 | | | 1,66 | 0 |
| 6,5 | 18,527 | 9,3035 | 52,68 | 976,00236 | 490,10838 | | | 2 | 0 |
| 7 | 18,687 | 9,386 | 52,68 | 984,43116 | 494,45448 | | | 1,77 | 0 |
| 7,5 | 18,857 | 9,41525 | 52,68 | 993,38676 | 496,51248 | | | 1,83 | 0 |
| 8 | 18,804 | 9,3555 | 52,79 | 992,66316 | 493,876845 | | | 2,12 | 0 |
| 8,5 | 18,618 | 9,39225 | 52,79 | 982,84422 | 495,8168775 | | | 2,04 | 0 |
| 9 | 18,951 | 9,2275 | 52,79 | 1000,42329 | 487,119725 | | | 1,71 | 0 |
| 9,5 | 17,959 | 8,06375 | 52,79 | 948,05561 | 425,6853625 | | | 1,77 | 0 |
| 10 | 14,296 | 6,7575 | 52,79 | 754,68584 | 356,728425 | | | 2,03 | 0 |
| 10,5 | 12,734 | 6,0015 | 52,79 | 672,22786 | 316,819185 | | | 2,04 | 0 |
| 11 | 11,272 | 5,6905 | 52,79 | 595,04888 | 300,401495 | | | 1,75 | 0 |
| 11,5 | 11,49 | 5,67125 | 52,79 | 606,5571 | 299,3852875 | | | 2,2 | 0 |
| 12 | 11,195 | 5,62525 | 52,79 | 590,98405 | 296,9569475 | | | 2,2 | 0 |
| 12,5 | 11,306 | 5,65675 | 52,79 | 596,84374 | 298,6198325 | | | 2,22 | 0 |



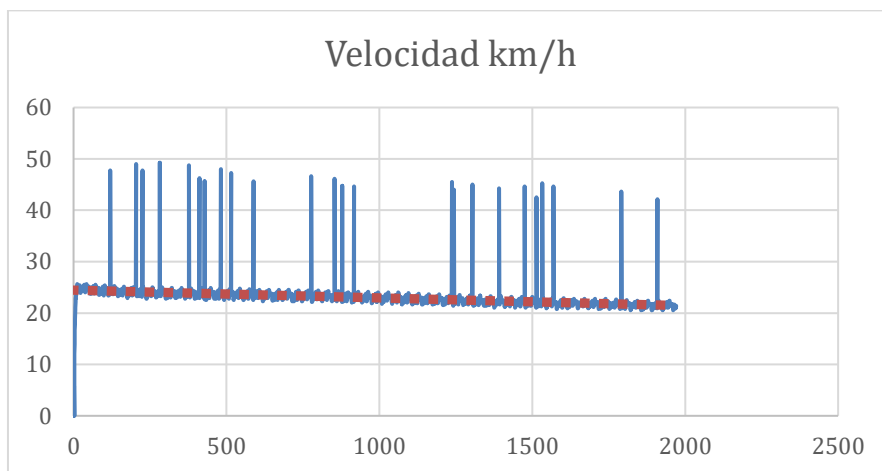
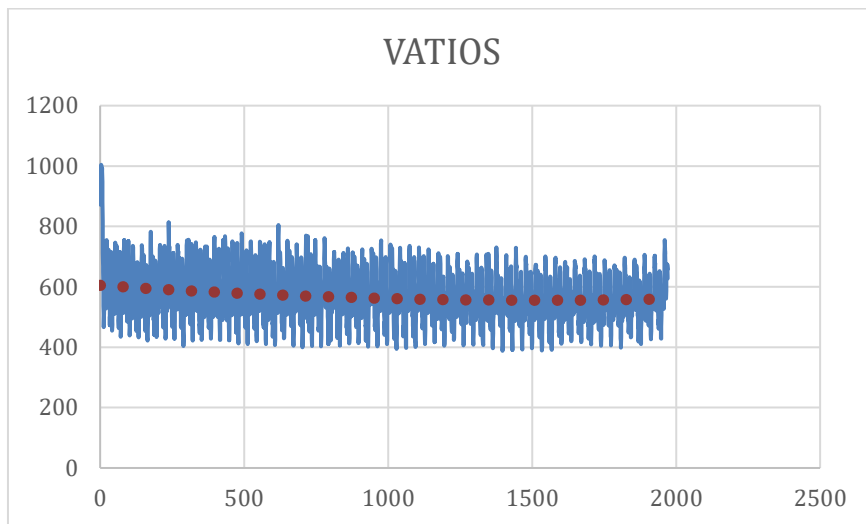
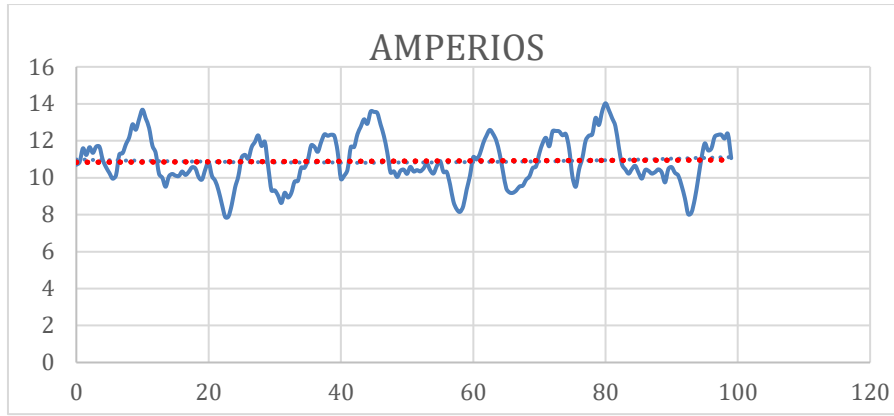
Prueba 2:

Peso 1: 65 kg

Batería 2: 480 W.h

Potencia 2 controlador: 650 W

| TIEMPO | AMPERIOS | | VOLTIOS | CONSUMO(W) | | | VATIOS | Velocidad km/h |
|--------|----------|---------|---------|------------|------------|--------------------|-------------------|----------------|
| 0 | 10,703 | 5,388 | 52,43 | 561,15829 | 271,942188 | Consumo | 6,29703736 | 997,53 |
| 0,5 | 10,849 | 5,60975 | 48,54 | 526,61046 | 272,934715 | Tiempo | 0,54736111 | 872,07 |
| 1 | 11,59 | 5,70475 | 48,76 | 565,1284 | 276,70384 | Velocidad promedio | 22,97 | 891,39 |
| 1,5 | 11,229 | 5,72025 | 48,24 | 541,68696 | 276,38181 | Potencia promedio | 568,49 | 922,55 |
| 2 | 11,652 | 5,749 | 48,39 | 563,84028 | 278,61951 | | | 937,33 |
| 2,5 | 11,344 | 5,7565 | 48,54 | 550,63776 | 279,858585 | | | 968,16 |
| 3 | 11,682 | 5,83875 | 48,69 | 568,79658 | 281,020298 | | | 953,34 |
| 3,5 | 11,673 | 5,6595 | 47,57 | 555,28461 | 271,881428 | | | 988,21 |
| 4 | 10,965 | 5,3825 | 48,54 | 532,2411 | 260,474175 | | | 1004,08 |
| 4,5 | 10,565 | 5,20525 | 48,24 | 509,6556 | 251,28074 | | | 998,45 |
| 5 | 10,256 | 5,05075 | 48,31 | 495,46736 | 241,962598 | | | 986,81 |
| 5,5 | 9,947 | 5,02 | 47,49 | 472,38303 | 238,982448 | | | 984,3 |
| 6 | 10,133 | 5,3475 | 47,72 | 483,54676 | 254,760563 | | | 980,64 |
| 6,5 | 11,257 | 5,6465 | 47,57 | 535,49549 | 269,850195 | | | 991,73 |
| 7 | 11,329 | 5,78525 | 48,01 | 543,90529 | 279,757893 | | | 981,27 |
| 7,5 | 11,812 | 6,0015 | 48,69 | 575,12628 | 291,298485 | | | 948,44 |
| 8 | 12,194 | 6,27075 | 48,39 | 590,06766 | 304,408268 | | | 892,62 |
| 8,5 | 12,889 | 6,37225 | 48,69 | 627,56541 | 309,067853 | | | 880,97 |
| 9 | 12,6 | 6,445 | 48,31 | 608,706 | 312,8407 | | | 817,78 |
| 9,5 | 13,18 | 6,71625 | 48,76 | 642,6568 | 328,510725 | | | 712,27 |
| 10 | 13,685 | 6,7215 | 49,06 | 671,3861 | 329,030735 | | | 668,78 |
| 10,5 | 13,201 | 6,47425 | 48,84 | 644,73684 | 316,42455 | | | 648,94 |
| 11 | 12,696 | 6,1085 | 48,91 | 620,96136 | 300,32202 | | | 597,2 |
| 11,5 | 11,738 | 5,76925 | 49,44 | 580,32672 | 285,656933 | | | 535,91 |
| 12 | 11,339 | 5,38825 | 49,59 | 562,30101 | 267,586343 | | | 505,49 |
| 12,5 | 10,214 | 5,05325 | 49,74 | 508,04436 | 250,973693 | | | 466,35 |
| 13 | 9,999 | 4,8775 | 49,59 | 495,85041 | 242,231888 | | | 520,3 |
| 13,5 | 9,511 | 4,895 | 49,74 | 473,07714 | 243,099713 | | | 509 |
| 14 | 10,069 | 5,06775 | 49,59 | 499,32171 | 250,340533 | | | 545,12 |
| 14,5 | 10,202 | 5,0785 | 49,21 | 502,04042 | 250,115225 | | | 569,09 |
| 15 | 10,112 | 5,0515 | 49,29 | 498,42048 | 249,92213 | | | 574,58 |
| 15,5 | 10,094 | 5,1075 | 49,66 | 501,26804 | 253,63845 | | | 544,34 |
| 16 | 10,336 | 5,12225 | 49,66 | 513,28576 | 253,81252 | | | 569,07 |
| 16,5 | 10,153 | 5,119 | 49,44 | 501,96432 | 252,8769 | | | 556,87 |



Se siguen haciendo iteraciones como se muestra en la tabla:

| NUM | BATERY | WEIGHT | POWER | DESIGN | |
|--|--------|--------|-------|--------|------------|
| 1 | B1 | W3 | P1 | D2 | |
| 2 | B1 | W2 | P2 | D2 | |
| 3 | B1 | W3 | P2 | D2 | |
| 4 | B1 | W3 | P3 | D2 | |
| 5 | B1 | W2 | P3 | D2 | |
| 6 | B1 | W1 | P2 | D2 | |
| 7 | B1 | W2 | P1 | D2 | |
| 8 | B1 | W1 | P1 | D2 | |
| 9 | B1 | W1 | P3 | D2 | |
| 10 | B2 | W2 | P3 | D2 | |
| 11 | B2 | W2 | P1 | D2 | |
| 12 | B2 | W3 | P2 | D2 | |
| 13 | B2 | W3 | P1 | D2 | |
| 14 | B2 | W1 | P2 | D2 | |
| 15 | B2 | W2 | P2 | D2 | |
| 16 | B2 | W1 | P1 | D2 | |
| 17 | B2 | W1 | P3 | D2 | |
| 18 | B2 | W3 | P3 | D2 | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| La variable W hace referencia al peso del piloto | | | | W1 | peso 1 |
| | | | | W2 | peso 2 |
| | | | | W3 | peso 3 |
| La variable B hace referencia a la Bateria | | | | B1 | Bateria 1 |
| | | | | B2 | Bateria 2 |
| La variable P hace referencia a la potencia | | | | P1 | Potencia 1 |
| | | | | P2 | Potencia 2 |
| | | | | P3 | Potencia 3 |

Los resultados obtenidos de realizar estas pruebas son las siguientes:

| PRUEBA | BATERIA | PESO (Kg) | MODOS | Tiempo_Transcurrido (h) | Consumo (Ah) | Consumo (Wh) | Distancia_Recorrida (m) | Distancia_Recorrida (Km) | Potencia_Promedio (W) | Velocidad_Promedio (Km/h) |
|--------|---------|-----------|-------|-------------------------|--------------|--------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------------|
| P1 | 2 | 3 | 9 | 0,547361111 | 6,297037361 | 311,5817 | 13911,9 | 13,91 | 569,3145324 | 22,97 |
| P2 | 2 | 2 | 7 | 0,649027778 | 7,757204444 | 343,9338 | 16144,22 | 16,14 | 529,9273196 | 22,42 |
| P3 | 2 | 2 | 5 | 0,701944444 | 7,366066111 | 324,9706 | 17559,44 | 17,56 | 462,9579327 | 22,58 |
| P4 | 1 | 2 | 7 | 0,707777778 | 7,735230764 | 343,5299 | 17617,12 | 17,62 | 485,4523586 | 22,43 |
| P5 | 1 | 1 | 5 | 1,025 | 7,860266528 | 362,8702 | 24633,48 | 24,63 | 353,9731169 | 24,1 |
| P6 | 1 | 1 | 9 | 0,728333333 | 6,667966597 | 313,5957 | 19806,9 | 19,81 | 430,4883064 | 24,4 |
| P7 | 1 | 2 | 5 | 0,908611111 | 6,630424028 | 302,1035 | 21339,54 | 21,34 | 332,4391749 | 23,87 |
| P8 | 1 | 3 | 5 | 0,870277778 | 7,434186181 | 341,9691 | 20391,94 | 20,39 | 392,9442355 | 21,53 |
| P9 | 1 | 3 | 9 | 0,654027778 | 7,901578125 | 356,2309 | 16480,35 | 16,48 | 544,9039378 | 22,75 |
| P10 | 2 | 1 | 5 | 0,995555556 | 7,762316806 | 354,9477 | 23453,1 | 23,45 | 356,4827633 | 22,04 |
| P11 | 2 | 3 | 5 | 0,73375 | 8,152114167 | 363,8997 | 18370,93 | 18,37 | 495,9860812 | 22,56 |
| P12 | 2 | 1 | 9 | 0,792638889 | 7,671086319 | 354,5684442 | 21090,28 | 21,09 | 447,3267376 | 25,26 |

7.4 Fase 4 Conclusiones:

La tabla presenta un diseño de experimentos con distintas combinaciones de factores: tipo de batería, peso (Kg), y modo de operación (potencia). A continuación, se puede concluir lo siguiente:

1. Impacto del peso sobre el desempeño:

- A medida que aumenta el peso del vehículo, parece disminuir ligeramente la eficiencia en términos de consumo energético (A.h y W.h) por kilómetro. Esto es esperable porque un mayor peso incrementa la demanda de energía.
- Las pruebas con peso mayor tienden a mostrar una velocidad promedio menor, aunque esta diferencia no es muy marcada.

2. Influencia de las baterías:

- Se observa que las configuraciones con dos baterías tienen mejores resultados en términos de potencia promedio entregada, ya que la mayor capacidad de almacenamiento energético permite mantener una potencia más estable.
- Las distancias recorridas también tienden a ser mayores con las configuraciones de dos baterías, especialmente en los modos de operación con mayores niveles de potencia.

3. Modo de operación (potencia):

- En general, las pruebas realizadas con mayores modos de potencia (como modo 9) presentan un consumo energético más alto, pero logran velocidades promedio ligeramente mayores. Sin embargo, la diferencia entre los modos no parece ser muy marcada en términos de velocidad.

4. Relación entre consumo y distancia recorrida:

- El consumo de energía (W.h) parece tener una relación directa con las distancias recorridas, siendo más eficiente el vehículo en configuraciones de batería dual, peso bajo, y modos de potencia intermedios (modo 5 y 7).

5. Rendimiento general:

- La velocidad promedio se mantiene en un rango cercano a los 22-25 km/h, lo que indica que el diseño tiene un comportamiento consistente entre configuraciones.
- Las configuraciones óptimas para mayor eficiencia energética y rendimiento (distancia recorrida) parecen ser aquellas con 2 baterías, menor peso y modos de potencia moderados.

Estos resultados sugieren que el diseño del experimento permite identificar cómo afectan las variables seleccionadas el desempeño del vehículo, destacando la importancia de

balancear el peso, la capacidad energética y los modos de potencia para maximizar la eficiencia y autonomía.

Referencias

- Albarracin, J. F. G. (2018). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TELEMETRÍA PARA UN KART ELÉCTRICO DE COMPETICIÓN*.
<https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/8a319f99-2041-402c-a33c-267c2470a5a0/content>
- Araujo, Mayorga, Kevin, & Jhon. (2023). *Implementación de un sistema de generación de carga eléctrica mediante el uso de paneles fotovoltaicos para determinar la variación de la autonomía*.
<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/37071/2/ESPEL-MAT-0216-P.pdf>
- Arissetyadhi, I., Dewi, T., & Kusumanto, R. (2020a). Experimental Study on The Effect of Arches Setting on Semi-Flexible Monocrystalline Solar Panels. *Kinetik: Game Technology, Information System, Computer Network, Computing, Electronics, and Control*, 111-118. <https://doi.org/10.22219/kinetik.v5i2.1055>
- Arissetyadhi, I., Dewi, T., & Kusumanto, R. (2020b). Experimental Study on The Effect of Arches Setting on Semi-Flexible Monocrystalline Solar Panels. *Kinetik: Game Technology, Information System, Computer Network, Computing, Electronics, and Control*, 111-118. <https://doi.org/10.22219/kinetik.v5i2.1055>
- Baquero, Cardenas, Fulano, Lady, Lady, Luisa. (2020). *Energías renovables y comercio de paneles solares: Estudio de caso Open Plus*. Energías renovables y comercio de paneles solares: estudio de caso Open Plus
- Barros, A. M. P., Angelim, J. H., & De Mattos Affonso, C. (2023). Avaliação do Impacto de Veículos Elétricos com Baterias de Curto e Longo Alcance na Vida Útil de Transformadores: Estudo de Caso. *2023 15th IEEE International Conference on Industry Applications (INDUSCON)*, 458-465.
<https://doi.org/10.1109/INDUSCON58041.2023.10374933>
- Botero, L. (2023). *Intercambio de baterías eléctricas: Empresas la promueven*.
<https://www.valoraanalitik.com/empresas-colombianas-promueven-el-intercambio->

de-baterias-electricas-en-colombia/

Caceres, S. (2020). *Factores que influyen en la decisión de compra de taxis eléctricos en Bogotá, Colombia. Una aproximación cualitativa.*

<https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/c00602b1-93f2-4750-b0b9-2296cab9f107/content>

Chen, S., Shi, S., & Jin, Y. (2023). Identification of Fault Types in Lithium Ions Batteries Energy Storage Station Through Thermal Runaway Gas Generation. *2023 IEEE 4th International Conference on Electrical Materials and Power Equipment (ICEMPE)*, 1-4. <https://doi.org/10.1109/ICEMPE57831.2023.10139539>

Chonona, J. de J. (2015). *Desarrollo de un vehículo eléctrico con sistema solar fotovoltaico autónomo.*

<https://repositorio.unicach.mx/bitstream/handle/20.500.12753/695/153.pdf?sequence=1>

Enyedi, S. (2018). Electric cars—Challenges and trends. *2018 IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics (AQTR)*, 1-8.

<https://doi.org/10.1109/AQTR.2018.8402776>

EPM. (2024). *Diccionario de servicios públicos.* Portal EPM.

<https://www.epm.com.co/content/epm/institucional/sobre-epm/quienes-somos/diccionario-de-servicios-publicos>

Gil, M. M. L. (2013). *Por una movilidad sostenible.*

<https://revistas.upb.edu.co/index.php/universitas/article/view/1662/1460>

Herrera-Guerra, A. A., Henao-Bravo, E. E., & Villegas-Ceballos, J. P. (2023). Digital twin of electrical motorcycle battery charger as AC Load in a Microgrid Based on Renewable Energy. *2023 IEEE Latin American Electron Devices Conference (LAEDC)*, 1-5.

<https://doi.org/10.1109/LAEDC58183.2023.10208283>

Hertel, D., Bräunig, G., & Thürer, M. (2024). Towards a green electromobility transition: A systematic review of the state of the art on electric vehicle battery systems disassembly. *Journal of Manufacturing Systems*, *74*, 387-396.

<https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2024.03.013>

- Lascurain, C. R., Leyva-Retureta, J. G., Aldana-Franco, F., Alvarez-Sánchez, E. J., & Aldana-Franco, R. (2024). Diseño de sistema fotovoltaico para vehículo de recolección de residuos. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 12(Especial2), 142-147. <https://doi.org/10.29057/icbi.v12iEspecial2.12406>
- Novothy, F. (2020). E-mobility Protection Against Electric Shock. *2020 IEEE 3rd International Conference and Workshop in Óbuda on Electrical and Power Engineering (CANDO-EPE)*, 000033-000034. <https://doi.org/10.1109/CANDO-EPE51100.2020.9337788>
- Palacio Rios, J. I., & Morales Benavides, A. (2017). *Productividad de paneles solares monocristalinos*. https://somim.org.mx/memorias/memorias2017/articulos/A5_148.pdf
- Perisoara, L. A., Bacis, I. B., & Vasile, A. (2022). Platform for researching the conversion efficiency of solar energy into electricity for vehicles. *2022 IEEE 28th International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME)*, 167-171. <https://doi.org/10.1109/SIITME56728.2022.9988687>
- Ping Kan, Lihong Qiu, & Lijun Qian. (2014). Simulation of the control strategy of a plug-in 4WD hybrid electric car. *2014 IEEE Conference and Expo Transportation Electrification Asia-Pacific (ITEC Asia-Pacific)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ITEC-AP.2014.6940664>
- Rangkuti, H., Manalu, J., & Fahmi, F. (2020). Design of Efficient Electric Motorcycle Using Brushless DC Motor. *2020 4rd International Conference on Electrical, Telecommunication and Computer Engineering (ELTICOM)*, 201-204. <https://doi.org/10.1109/ELTICOM50775.2020.9230505>
- Romero Tubon, L. I. (2021). *IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA LA GENERACIÓN ELÉCTRICA MEDIANTE PANELES POLICRISTALINOS*. <http://dspace.istvidanueva.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/143/ROMERO%20TUBON%20LEONARDO%20IVAN.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Sanchez Mosquera, C. R. (2022). *Implementación de un sistema de carga mediante celdas fotovoltaicas para un vehículo buggy para la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE*.
<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/31405/1/M-ESPEL-MAT-0174.pdf>
- Serra, F. M., & De Angelo, C. H. (2015). Control strategy for an electric vehicle battery charger with unity power factor. *2015 XVI Workshop on Information Processing and Control (RPIC)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/RPIC.2015.7497102>
- Shafiq, Z., & Egger, W. (2022). Study of Charging Strategies of Lithium Batteries and their Effect on the Batteries Technologies. *2022 IEEE 13th Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference (IEMCON)*, 0540-0546. <https://doi.org/10.1109/IEMCON56893.2022.9946511>
- Yadav, N., Patil, D., Jadhav, S. P., Kanase, D., & Prasad, S. (2024). Electric Bicycle using Pedal Assist System (PAS). *2024 IEEE International Students' Conference on Electrical, Electronics and Computer Science (SCEECS)*, 1-6.
<https://doi.org/10.1109/SCEECS61402.2024.10482013>