Powered by
Arizona State University®

**Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniero en Mecánica Automotriz**

# INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**Autor:** Eder Jonathan Vega Sánchez

**Tutor:** Ing. Fernando Gómez Berrezueta, M.Sc.

## Estudio sobre el Sistema de Gestión de Baterías de Alta Tensión en un Vehículo Eléctrico

**Guayaquil-Ecuador |2025**

## Certificado de Autoría

Yo, Eder Jonathan Vega Sánchez, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada. Cedo mis 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, reglamento y leyes.

_____

Eder Jonathan Vega Sánchez

C.I.: 0504055393

**Aprobación del Tutor**

Yo, Fernando Gómez Berrezueta certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

_____

Ing. Fernando Gómez Berrezueta, M.Sc.

C.I.: 0103441846

Director de Proyecto

## Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi familia, por su amor y apoyo constante, y a mis profesores, por su guía y conocimiento compartido.

Con gratitud!

***Eder Vega***

**Agradecimiento**

Agradezco profundamente a mi familia por su incondicional apoyo y aliento en cada paso de este camino. A mi tutor, el Ing. Fernando Gómez Berrezueta, por su guía y valiosos consejos a lo largo de este proceso.

También quiero expresar mi gratitud a mis profesores, cuyas enseñanzas y orientación han sido fundamentales para alcanzar este logro. Finalmente, agradezco a mis compañeros y amigos por su motivación y compañía en este proceso.

***Eder Vega***

# Índice General

Certificado de Autoría....iii

Aprobación del Tutor....iv

Dedicatoria....v

Agradecimiento....vi

Índice General....vii

Índice de Figuras....x

Índice de Tablas....xii

Resumen....xiii

Abtract....xiv

Capítulo I....1

Antecedentes....1

1.1 Tema de Investigación....1

1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema....1

*1.2.1 Planteamiento del Problema....1*

*1.2.2 Formulación del Problema....3*

*1.2.3 Sistematización del Problema....3*

1.3 Objetivos de la Investigación....4

*1.3.1 Objetivo General....4*

*1.3.2 Objetivos Específicos....4*

1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación....4

*1.4.1 Justificación Teórica....4*

*1.4.2 Justificación Metodológica....5*

*1.4.3 Justificación Práctica....6*

*1.4.4 Delimitación Temporal....6*

*1.4.5 Delimitación Geográfica* ..... *6*

*1.4.6 Delimitación del Contenido* ..... *6*

Capítulo II ..... 8

Marco Referencial ..... 8

2.1 Marco Teórico ..... 8

*2.1.1 Conceptos Preliminares* ..... *8*

*2.1.2 Sistema de Gestión de Baterías de Alto Voltaje de un Vehículo Eléctrico* ..... *9*

*2.1.3 Seguridad de Baterías de Alto Voltaje en Vehículos Eléctricos* ..... *11*

*2.1.4 Análisis del Mercado de Vehículos Eléctricos 2021 a 2028* ..... *12*

2.2 Marco Conceptual ..... 13

*2.2.2 Sistema de Gestión de las Baterías* ..... *13*

*2.2.3 Voltaje de las Baterías para Vehículos Eléctricos* ..... *14*

*2.2.3 Baterías de Ion Litio para Vehículos Eléctricos* ..... *15*

*2.2.4 Funciones del BMS* ..... *16*

*2.2.5 Componentes del BMS* ..... *19*

*2.2.6 Características de BMS* ..... *19*

*2.2.7 Gestión Térmica del BMS* ..... *21*

*2.2.7 Balanceo de Celdas* ..... *21*

*2.2.8 Estado de Carga (SOC) de una Batería de Vehículo Eléctrico* ..... *22*

*2.2.9 Launch X-431 PAD VII LINK* ..... *23*

Capítulo III ..... 25

Parámetros Críticos que el BMS Controla Baterías de Ion Litio ..... 25

3.1 Métodos ..... 25

3.2 Diseño de la Investigación ..... 25

*3.2.1 Estudio Exploratorio* ..... *25*

*3.2.2 Desarrollo del Protocolo Experimental* ..... *26*

3.3 Monitoreo en Tiempo Real Usando Herramientas de Diagnóstico ..... 26

*3.3.1 Monitoreo de Datos* ..... *28*

3.4 Obtención de Datos en Baterías de Alta Tensión de un Vehículo Eléctrico ..... 28

*3.4.1 Test de Equilibrio de Voltajes de Celdas* ..... *30*

3.5 Equipo para Verificación del Estado de las Baterías ..... 30

3.6 Vehículo Utilizado ..... 32

Capítulo IV ..... 34

Diagnóstico del Sistema de Gestión de Baterías (BMS) usando un Escáner Launch X-431 PAD VII ..... 34

4.1 Descripción ..... 34

4.2 Preparación Inicial ..... 35

4.3 Selección del Vehículo y Sistema ..... 35

4.4 Lectura de Códigos de Diagnóstico (DTC) ..... 37

4.5 Monitoreo de Parámetros en Tiempo Real ..... 37

4.6 Ejecución de Pruebas Activas ..... 39

4.7 Informe de Diagnóstico ..... 41

4.8 Borrado de Códigos de Error ..... 42

4.9 Validación Final ..... 44

Conclusiones ..... 45

Recomendaciones ..... 46

Bibliografía ..... 47

## Índice de Figuras

Figura 1 *Vehículo Eléctrico de Batería (VEB)* .....2

Figura 2 *Impacto en la Salud de la Batería* .....3

Figura 3 *Sistema de Gestión de Baterías (BMS)*.....9

Figura 4 *Esquema del Sistema de Gestión de Baterías*.....10

Figura 5 *Fluctuaciones de Temperatura de la Batería* .....11

Figura 6 *BMS de un Vehículo Eléctrico*.....14

Figura 7 *Paquetes de Baterías para Vehículo Eléctrico*.....15

Figura 8 *Diagrama de Bloques del BMS* .....19

Figura 9 *El Papel del BMS en las Baterías de Litio* .....20

Figura 10 *Equilibrio de Celdas de una Batería de Vehículos Eléctricos* .....22

Figura 11 *Launch X-431 PAD VII LINK*.....24

Figura 12 *Smartlink C VCI* .....27

Figura 13 *Sistema y Funciones del LAUNCH X431 EV* .....28

Figura 14 *Datos en la Prueba Experimental* .....29

Figura 15 *Flujo de Datos* .....29

Figura 16 *Modo de Diagnóstico EV*.....31

Figura 17 *Vehículo Experimental Skywell ET5* .....33

Figura 15 *Conexión del Escáner*.....35

Figura 16 *Selección del Vehículo*.....36

Figura 17 *Selección del BMS* .....36

Figura 18 *Escaneo de Códigos DTC*.....37

Figura 19 *Datos Mostrados-SOC*.....38

Figura 20 *Datos Mostrados-Voltaje y Temperatura* .....39

Figura 21 *Datos Mostrados-Voltaje de Alimentación del BMS*.....39

Figura 22 *Selección de los Parámetros a Evaluar del BMS* ..... 40

Figura 23 *Valores de los Parámetros Seleccionados* ..... 40

Figura 24 *Valores de la Corriente del BMS* ..... 41

Figura 25 *Informe de Análisis Dinámico del BMS* ..... 42

Figura 26 *Verificación del Sistema con DTC* ..... 43

Figura 27 *Lectura de Datos sin DTC* ..... 43

Figura 28 *Flujo de Datos del BMS* ..... 44

# Índice de Tablas

Tabla 1 *Especificaciones Técnicas del Vehículo Eléctrico ET5* ..... 32

## Resumen

El presente proyecto trata acerca del Sistema de Gestión de Baterías (BMS) que es un componente fundamental en el funcionamiento de los vehículos eléctricos, para garantizar el control, la seguridad y el rendimiento óptimo de las baterías de alta tensión. El proyecto analiza el desempeño del BMS en un vehículo eléctrico Skywell y su impacto en la eficiencia, seguridad y vida útil de la batería usando un el escáner Launch X-431 PAD VII. El estudio se centra en la monitorización de parámetros clave, como el estado de carga (SOC), el estado de salud (SOH), la gestión térmica y el balanceo de celdas. Se realizan pruebas experimentales y análisis de datos obtenidos en condiciones reales de operación, se evalúan las capacidades del BMS para prevenir fallos, optimizar la energía disponible y garantizar la seguridad del sistema. Los resultados esperados incluyen recomendaciones para mejorar el rendimiento del BMS y su impacto positivo en la autonomía y durabilidad del vehículo eléctrico. Este estudio tiene como fin proporcionar una comprensión detallada del papel del BMS en los vehículos eléctricos modernos y su contribución a la sostenibilidad del transporte.


***Palabras Clave:*** Sistema de Gestión de Baterías, vehículos eléctricos, desempeño, escáner de diagnóstico.

## Abtract

The Battery Management System (BMS) is a fundamental piece in the operation of electric vehicles, ensuring the control, safety and optimal performance of high-voltage batteries. This project aims to analyze the performance of the BMS in a Skywell electric vehicle and its impact on efficiency, safety and battery life using a Launch X-431 PAD VII scanner. The study focuses on monitoring key parameters such as state of charge (SOC), state of health (SOH), thermal management and cell balancing. Through experimental tests and analysis of data obtained in real operating conditions, the capabilities of the BMS to prevent failures, optimize available energy and guarantee system safety are evaluated. The expected results include recommendations to improve the performance of the BMS and its positive impact on the range and durability of the electric vehicle. This study aims to provide a detailed understanding of the role of BMS in modern electric vehicles and its contribution to transportation sustainability.


***Keywords:*** Battery Management System, electric vehicles, performance, diagnostic scanner.

# Capítulo I

# Antecedentes

## 1.1 Tema de Investigación

Estudio sobre el sistema de gestión de baterías de alta tensión en un vehículo eléctrico.

## 1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema

El planteamiento del problema para del proyecto de investigación sobre el Sistema de Gestión de Baterías (BMS) en un vehículo eléctrico, se puede estructurarlo en varias partes clave:

El aumento de la implementación de vehículos eléctricos (VE) ha creado un significado interés en la eficiencia y sostenibilidad de estos sistemas. Los vehículos eléctricos dependen en gran medida de sus baterías para el rendimiento, la seguridad y la vida útil del vehículo. Un componente fundamental en la gestión de las baterías es el Sistema de Gestión de Baterías (BMS), que monitorea y controla el estado de la batería.

El vehículo eléctrico es un modelo reciente con características avanzadas de BMS. A medida que la tecnología avanza, también lo hacen las demandas de rendimiento y la necesidad de una gestión óptima de la batería para extender la eficiencia y la vida útil del vehículo eléctrico.

### *1.2.1 Planteamiento del Problema*

En este punto es importante abordar que los BMS modernos están diseñados para optimizar el rendimiento de la batería, hay desafíos asociados con su capacidad para diagnosticar y gestionar de manera efectiva el estado de las baterías en condiciones de uso real. Estos desafíos pueden incluir la precisión en la detección de fallos, la capacidad para prever y evitar fallos potenciales y la eficiencia en el manejo de la carga y descarga de la batería.

Existen varios reportes y estudios que sugieren que, a pesar de los avances en la tecnología BMS, todavía hay incertidumbres y variabilidades en la precisión del monitoreo y

control de la batería. Esto puede afectar la fiabilidad del vehículo y su rendimiento en condiciones extremas o durante largos períodos de uso (Figura 1).

**Figura 1**

*Vehículo Eléctrico de Batería (VEB)*

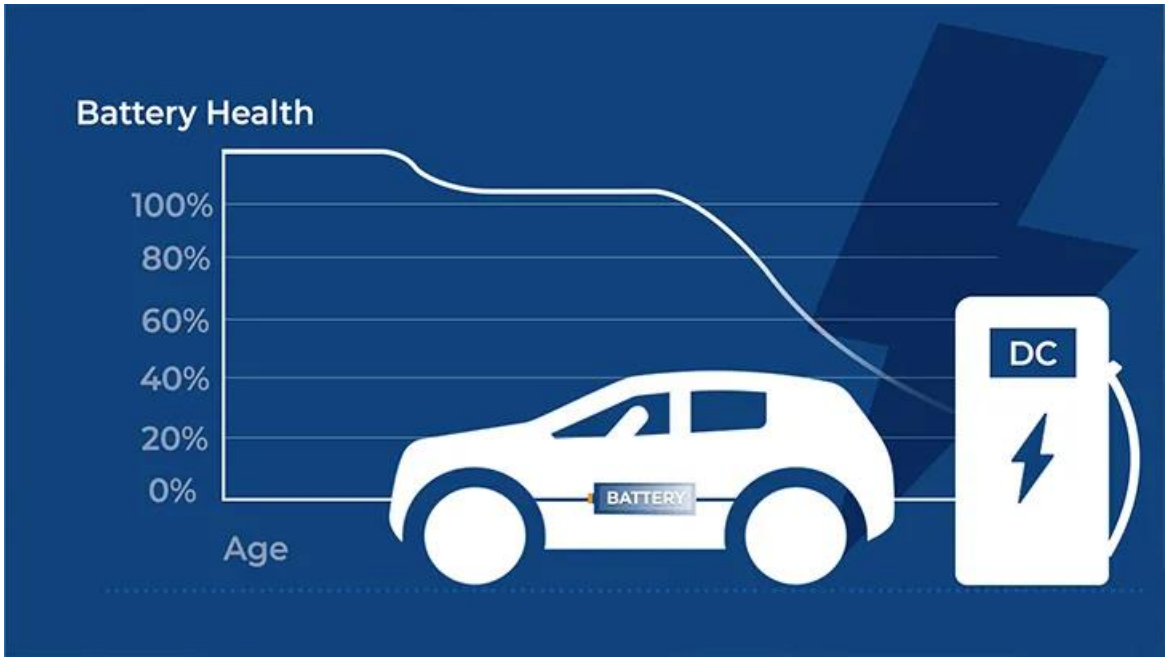
Tomado de: https://www.xataka.com/vehiculos/realmente-barato-mantenimiento-coche-electrico-hacemos-numeros-1

La adopción de un sistema de gestión de baterías inteligente se ha vuelto bastante común en estos días en los vehículos eléctricos de 2 y 3 ruedas. Centrándonos en los vehículos eléctricos de 4 ruedas y los autobuses, un BMS inteligente en el mercado ya ha abordado desafíos importantes como la protección y el rendimiento mejorado de la batería.

Los nuevos modelos de EV siguen aumentando el nivel en términos de voltajes de batería más altos en comparación con los modelos EV anteriores. El uso frecuente y prolongado de las estaciones de carga de Nivel 3 puede acortar el ciclo de vida de la batería, lo que significa que disminuirá el tiempo que la batería puede mantener el máximo rendimiento. Si la capacidad de la batería se degrada rápidamente, la autonomía real del vehículo puede no alcanzar las expectativas (Figura 2).

**Figura 2**

*Impacto en la Salud de la Batería*




Tomado de: https://www.besen-group.com/es/level-3-charging-station/

### *1.2.2 Formulación del Problema*

¿Cómo se puede mejorar la metodología de diagnóstico del sistema de gestión de baterías en el vehículo eléctrico Skywell E5 usando el Launch PAD VII para asegurar una gestión más precisa y efectiva del estado de la batería?

### *1.2.3 Sistematización del Problema*

- ¿Qué parámetros del BMS son críticos para el diagnóstico preciso del estado de la batería?
- ¿Cómo se comparan los resultados del diagnóstico usando el EV Kit de Launch con otros métodos de diagnóstico?
- ¿Qué mejoras en la metodología de diagnóstico podrían implementarse para optimizar la gestión de la batería?

## 1.3 Objetivos de la Investigación

### *1.3.1 Objetivo General*

- Analizar el rendimiento y la eficacia del Sistema de Gestión de Baterías (BMS) en un vehículo eléctrico Skywell ET-5.

### *1.3.2 Objetivos Específicos*

- Revisar literatura científica sobre baterías de iones de litio y el sistema de gestión de baterías (BMS).
- Identificar los parámetros críticos que el BMS controla, como el estado de carga (SOC), el estado de salud (SOH), la temperatura, y el voltaje de cada celda.
- Describir el proceso de diagnóstico del BMS usando un escáner Launch X-431 PAD VII.

## 1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación

El poder diagnosticar el sistema de baterías de una manera precisa es crucial para la seguridad, la eficiencia y la durabilidad de los vehículos eléctricos. Mejorar la metodología de diagnóstico del BMS podría llevar a una mayor fiabilidad de los vehículos y una mejor experiencia del usuario.

La investigación permite identificar posibles problemas relacionados con el BMS actual y proponer mejoras en el proceso de diagnóstico. Esto puede ayudar a una mayor seguridad y eficiencia en el uso de vehículos eléctricos, así como a una mayor confianza del consumidor en la tecnología de vehículos eléctricos.

### *1.4.1 Justificación Teórica*

El crecimiento acelerado de la movilidad eléctrica ha resaltado la importancia de entender y optimizar los sistemas de gestión de baterías en vehículos eléctricos (EV). La batería es el componente crítico que establece el alcance, la eficiencia y la seguridad del vehículo. Un

sistema de gestión de baterías (BMS) eficaz es esencial para garantizar el rendimiento y la longevidad de la batería, así como para la seguridad operativa del vehículo.

La importancia del sistema de gestión de baterías se relaciona con:

- Optimización del Rendimiento: El BMS controla la carga y descarga de la batería, equilibrando las celdas para asegurar un rendimiento óptimo. Sin un BMS eficiente, las celdas pueden desbalancearse, lo que reduce la capacidad y la vida útil de la batería.
- Seguridad: Un BMS monitorea continuamente parámetros críticos como la temperatura, el voltaje y la corriente. Esto previene condiciones peligrosas como sobrecalentamiento, sobrevoltaje o cortocircuitos, reduciendo el riesgo de fallos catastróficos.
- Vida Útil de la Batería: Un BMS bien diseñado gestiona el ciclo de vida de la batería, optimizando la carga y descarga para minimizar el desgaste. Esto contribuye a una vida útil más prolongada y a la reducción de costos operativos a largo plazo.
- Eficiencia Energética: Al gestionar de manera eficiente la energía almacenada y suministrada, el BMS mejora la eficiencia general del sistema, lo que se traduce en una mayor autonomía y un mejor rendimiento del vehículo.

### *1.4.2 Justificación Metodológica*

Se usa la metodología experimental, que es crucial para obtener datos precisos sobre el desempeño del BMS bajo diversas condiciones operativas. La experimentación permite la recolección de datos empíricos, la observación directa y la medición de parámetros clave del sistema.

Esto permite la identificación de fallos o deficiencias en el BMS, así como la evaluación de la eficiencia del sistema de gestión de baterías en condiciones reales de operación.

### *1.4.3 Justificación Práctica*

En este aspecto el sistema de gestión de baterías de alta tensión (BMS) en un vehículo eléctrico reside en la creciente demanda de eficiencia, seguridad y durabilidad en la movilidad eléctrica. El BMS es el dispositivo esencial que garantiza el funcionamiento óptimo de las baterías de alta tensión, las cuales son el corazón energético de los vehículos eléctricos. Debido a la complejidad y el costo elevado de estas baterías, es crucial maximizar su vida útil y rendimiento. Un BMS efectivo realiza el monitoreo de los parámetros críticos como la temperatura, la carga, el voltaje y la corriente de cada celda de la batería, asegurando un balance adecuado entre ellas y previniendo condiciones peligrosas como el sobrecalentamiento o la sobrecarga. El BMS es importante para la estimación precisa del estado de carga (SOC) y del estado de salud (SOH) de la batería, lo que permite al vehículo calcular de manera fiable la autonomía restante, una preocupación clave para los usuarios de vehículos eléctricos. El estudio tiene una justificación práctica concreta al tratar los desafíos técnicos y operativos de la gestión de baterías, contribuyendo a la evolución de una movilidad más segura, eficiente y respetuosa con el medio ambiente.

### *1.4.4 Delimitación Temporal*

El presente proyecto se desarrolla durante el período de agosto de 2024 a octubre de 2024.

### *1.4.5 Delimitación Geográfica*

El trabajo se desarrolla en la ciudad de Guayaquil. Este proyecto se lleva a cabo en un vehículo eléctrico marca Skywell ET-5.

### *1.4.6 Delimitación del Contenido*

El proyecto se enfoca específicamente en los sistemas BMS de los vehículos eléctricos.

El estudio sobre el sistema de gestión de baterías de alta tensión en un vehículo eléctrico se enfoca en la comprensión y análisis de los componentes clave, las funcionalidades, y los

desafíos técnicos asociados con la gestión eficiente de baterías de alta tensión. Este sistema, conocido como BMS (Battery Management System), es crucial para garantizar la seguridad, el rendimiento y la vida útil de las baterías de vehículos eléctricos.

El estudio aborda en primer lugar los principios básicos del funcionamiento de un BMS, incluyendo la monitorización de parámetros críticos como la temperatura, el voltaje, la corriente y el estado de carga (SOC) de las celdas de la batería. Con un enfoque en aplicaciones prácticas, este estudio proporciona una visión integral del estado actual y los avances en la gestión de baterías de alta tensión, destacando su papel central en el éxito continuo y la adopción masiva de la movilidad eléctrica.

# Capítulo II

# Marco Referencial

## 2.1 Marco Teórico

El Sistema de Gestión de Baterías (BMS) es un componente crucial en los vehículos eléctricos, encargado de supervisar y gestionar el estado de las baterías, garantizando su funcionamiento seguro y eficiente.

En el contexto de un vehículo eléctrico, el BMS realiza múltiples funciones esenciales que van desde el monitoreo de las celdas individuales de la batería hasta la implementación de estrategias de equilibrio de carga y la protección del sistema contra condiciones adversas.

### *2.1.1 Conceptos Preliminares*

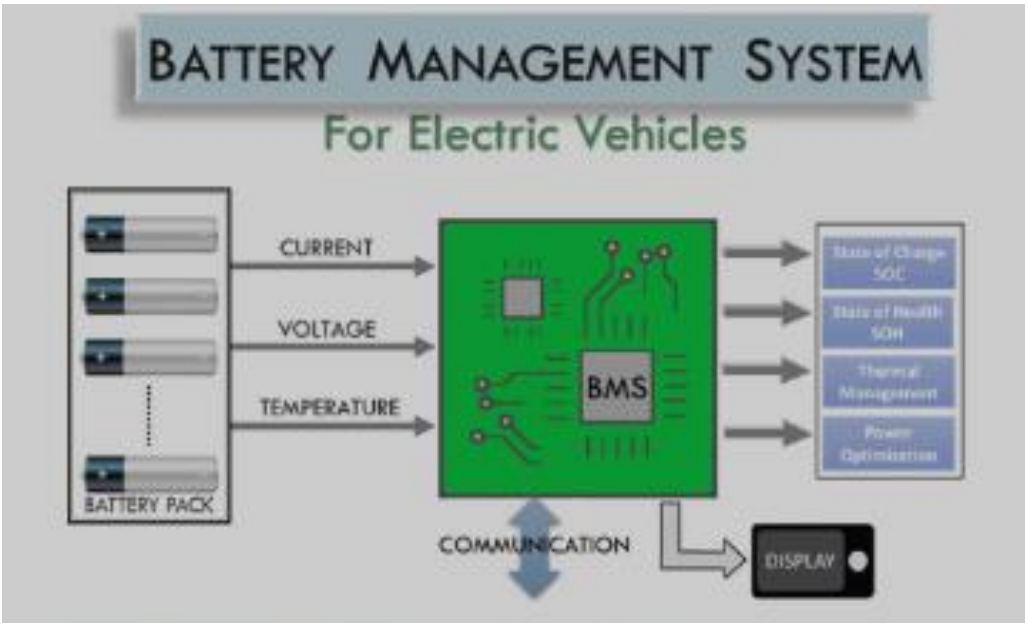
Debido a las ventanas de funcionamiento limitadas de las baterías de iones de litio en cuanto a temperatura, voltaje y corriente, y a las situaciones peligrosas que pueden surgir si se violan esas ventanas de funcionamiento, se requiere un sistema de gestión de baterías (BMS) para supervisar y controlar las baterías en un sistema de almacenamiento de energía de baterías multicelda (Scrosati, 2015).

El BMS funciona como el "cerebro" de la batería de varias maneras. Toma decisiones en función de la información que recopila y estas decisiones tienen un impacto en el rendimiento y la longevidad de la batería. Sin un BMS, una batería podría sobrecargarse o descargarse en exceso, lo que tiene el potencial de acortar su vida útil y provocar fallas en la batería.

El BMS (Figura 3) protege contra posibles problemas que puedan dañar la batería y, en consecuencia, el vehículo. Estas protecciones incluyen condiciones de sobrecorriente (OC), sobretensión (OV), subtensión (UV), sobretemperatura (OT) y subtemperatura (UT). El BMS garantiza la longevidad y la seguridad de la batería al prohibirle funcionar fuera de su área de funcionamiento seguro (SOA).

**Figura 3**

*Sistema de Gestión de Baterías (BMS)*




Tomado de: https://evduniya.com/ev-global/function-importance-of-bms-in-electric-vehicles.html

### *2.1.2 Sistema de Gestión de Baterías de Alto Voltaje de un Vehículo Eléctrico*

El sistema de gestión de baterías para vehículos eléctricos es la unidad central que controla las celdas del paquete de baterías y garantiza un funcionamiento seguro, confiable y eficaz de la batería de iones de litio. Un BMS de alto voltaje generalmente administra las operaciones del paquete de baterías al monitorear y medir los parámetros de las celdas y evaluar el SOC (estado de carga) y el SOH (estado de salud). El sistema de gestión de baterías de alto voltaje protege las celdas del paquete de baterías al garantizar operaciones seguras del paquete de baterías dentro del SOA (área de operación segura).

Un sistema de gestión de baterías de alto voltaje tiene numerosas celdas de iones de litio conectadas en serie y en paralelo para sumar de forma acumulativa el voltaje y la capacidad totales de la batería. Por ejemplo, un sistema de gestión de baterías de alto voltaje de un autobús

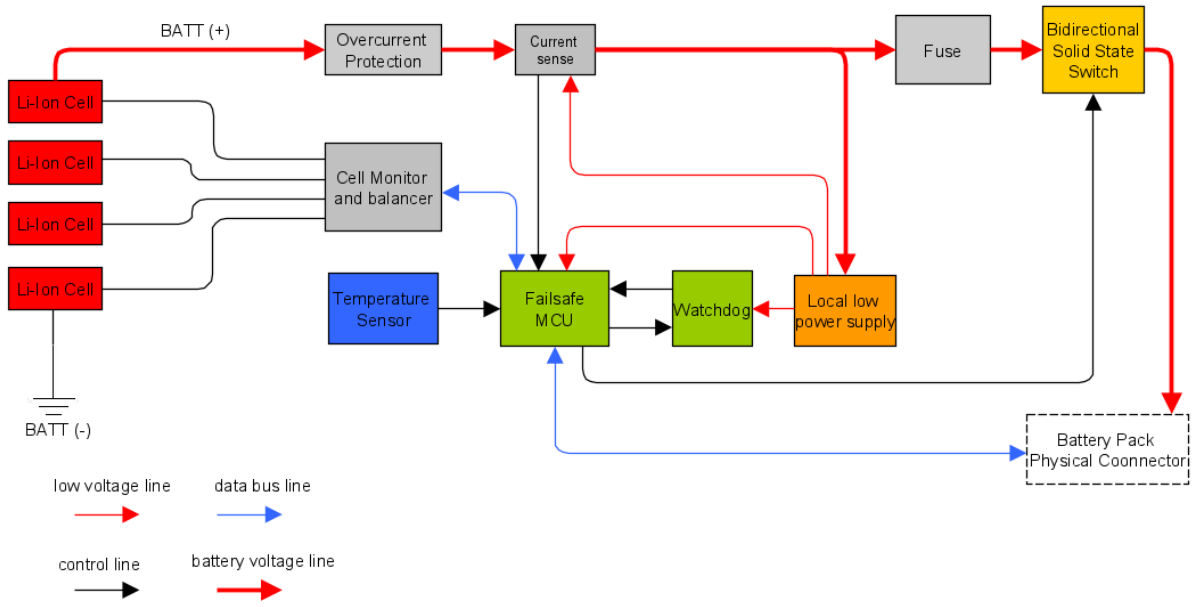
eléctrico de 400 V y 20 kWh con celdas de batería de LiFePO4 tendrá 125 celdas en serie y 1 en paralelo.

El sistema de gestión de baterías para vehículos eléctricos es un sistema de supervisión crucial que garantiza la seguridad de las baterías. La adopción de la tecnología de baterías de iones de litio en automóviles y sistemas de almacenamiento de energía, la integración, la arquitectura y el diseño de un sistema de gestión de baterías eficiente y de alto rendimiento para baterías de alto voltaje se ha convertido en el centro de atención (Figura 4).

Los vehículos eléctricos incorporarán voltajes de batería cada vez más altos y la arquitectura BMS descentralizada será una opción ideal para ampliar y personalizar el sistema de gestión de la batería (Bacancysystems.com, 2024). Un BMS consta de sensores, controladores e interfaces de comunicación que monitorean y regulan los parámetros de la batería, como voltaje, corriente, temperatura y estado de carga. El sistema procesa la entrada de batería que recibe en un algoritmo (Figura 4).

**Figura 4**

*Esquema del Sistema de Gestión de Baterías*




Tomado de: https://jethrojeff.com/

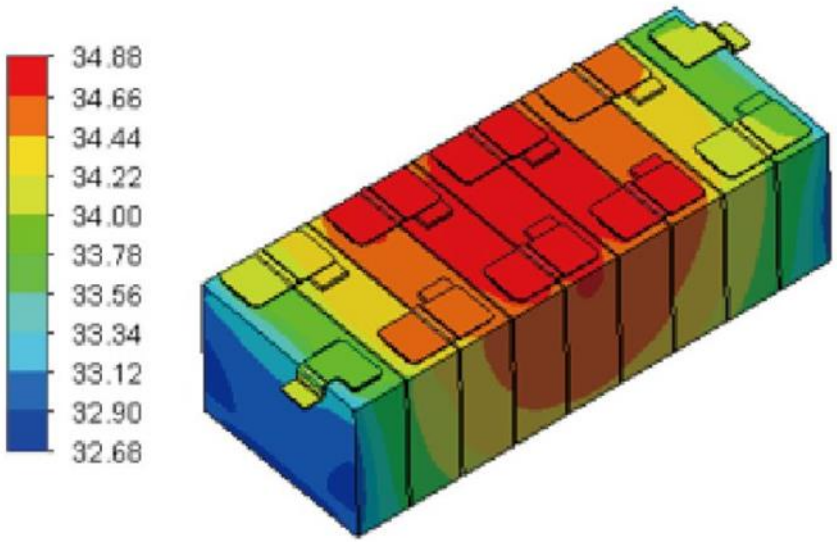
### *2.1.3 Seguridad de Baterías de Alto Voltaje en Vehículos Eléctricos*

Los vehículos eléctricos (VE) se han convertido progresivamente en la opción preferida en el sector del transporte como resultado del mayor enfoque en la energía renovable y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero a escala mundial. Para obtener el voltaje y la capacidad necesarios, la batería de alto voltaje de un vehículo eléctrico suele estar formada por numerosas baterías dispuestas en serie y en paralelo. El sistema de batería de alto voltaje, que forma la base de un vehículo eléctrico, tiene una relación directa con la seguridad general del vehículo (Figura 5).

La seguridad de los vehículos eléctricos es un proyecto sistemático que involucra múltiples aspectos, como el diseño de la batería, el sistema de gestión y los hábitos de uso. Al optimizar continuamente la tecnología de la batería, fortalecer la gestión de la seguridad y aumentar la conciencia de los usuarios, se puede mejorar significativamente la seguridad de los vehículos eléctricos y promover su aplicación más amplia (Hoenergypower.com, 2024).

**Figura 5**

*Fluctuaciones de Temperatura de la Batería*




Tomado de: https://www.hoenergypower.com/safety-study-of-high-voltage-batteries-in-electric-vehicles/

### *2.1.4 Análisis del Mercado de Vehículos Eléctricos 2021 a 2028*

El segmento de vehículos eléctricos está ganando terreno en el mercado automotriz año tras año. Un informe de Fortune Business Insights sugiere que la oportunidad del mercado global de vehículos eléctricos aumentará de USD 287,36 mil millones en 2021 a USD 1,318,22 mil millones en 2028 a una CAGR del 24,3 % para 2028.

Se prevé que para 2026, el mercado de vehículos eléctricos en India alcance los 47 mil millones de dólares con una CAGR superior al 44 % (2021-2026) estimada en 5 mil millones de dólares en 2020.

El alcance futuro de los vehículos eléctricos está determinado por la regulación, el comportamiento del consumidor y la tecnología. Fundamentalmente, estos factores cruciales impulsan el camino hacia soluciones de movilidad sostenible.

El informe de la AIE describe las medidas existentes y los objetivos e iniciativas declarados por país.

Según el informe; la Unión Europea está a la cabeza en materia de incentivos para la implantación de vehículos eléctricos. La propuesta del comité de nueve miembros establece la eliminación gradual de la venta de nuevos vehículos de pasajeros con motor de combustión interna.

La administración Biden ha fijado un objetivo de adquisición del 50% del mercado para la próxima década.

Para 2025, California se ha fijado el objetivo de alcanzar 1,5 millones de vehículos de cero emisiones (ZEV) y 5 millones de vehículos para 2030.

India aspira a una participación del 25% de vehículos eléctricos en las ventas para 2024, con la intención de adquirir el 30% del mercado total de vehículos ligeros (LDV) para 2030.

## 2.2 Marco Conceptual

### *2.2.1 Baterías para Vehículos Eléctricos*

La mayoría de las baterías de los vehículos eléctricos se fabrican de forma ligeramente diferente a las baterías LFP. Los fabricantes de vehículos eléctricos dependen de baterías de iones de litio fabricadas a partir de níquel y cobalto para crear el cátodo que alimenta sus vehículos. Utilizan estos compuestos porque son una forma de energía mucho más densa. Esto puede ayudar en situaciones de propulsión, que son frecuentes en los vehículos eléctricos. Estas baterías se denominan baterías NMC debido a su composición.

Dentro de la batería de iones de litio de un vehículo eléctrico habrá un electrolito líquido orgánico. Este electrolito reacciona fuertemente con el oxígeno, especialmente a temperaturas más altas. Por eso, a menudo, ha oído historias de explosiones u otros posibles problemas debido a la fuga térmica. Son menos estables que las baterías LFP.

### *2.2.2 Sistema de Gestión de las Baterías*

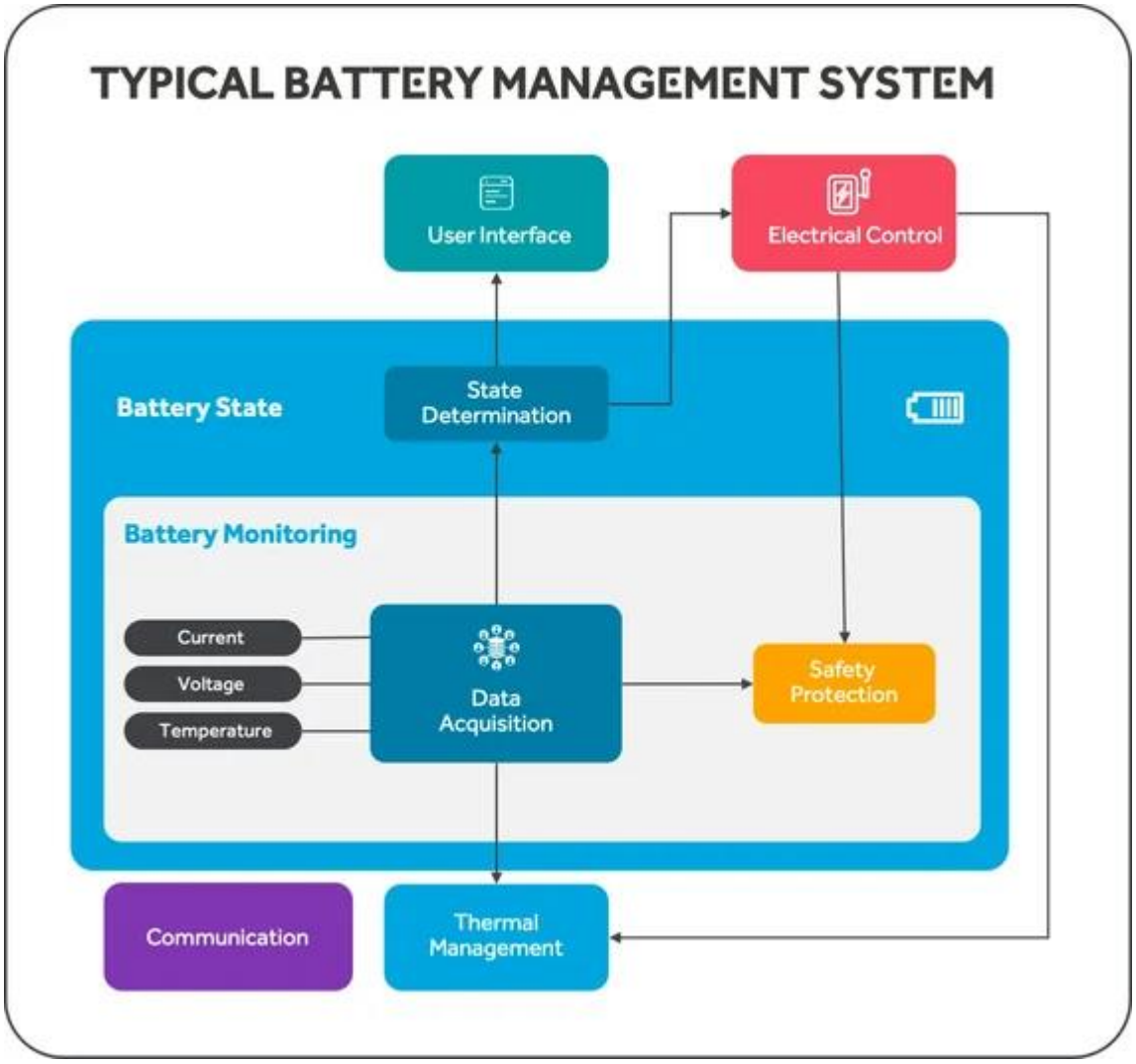
Es un sistema de control electrónico (Figura 6) que gestiona y monitorea el rendimiento de la batería de un vehículo eléctrico. Su objetivo principal es garantizar un funcionamiento seguro y eficiente de la batería. El BMS (Battery Management System) es un marco de gestión del rendimiento que permite supervisar el estado de la batería y determinar su estado de salud y carga. El estado de la batería se puede supervisar de forma remota en la pantalla, la tableta o el teléfono inteligente.

El BMS determina con precisión el estado de carga (SOC) y el estado de salud (SOH) de la batería, que son parámetros vitales necesarios para garantizar la longevidad de la batería.

También admite el equilibrio pasivo de celdas, crucial cuando la batería está sobrecargada o completamente descargada.

**Figura 6**

*BMS de un Vehículo Eléctrico*




Tomado: https://www.cyient.com/blog/battery-management-system-in-electric-vehicles

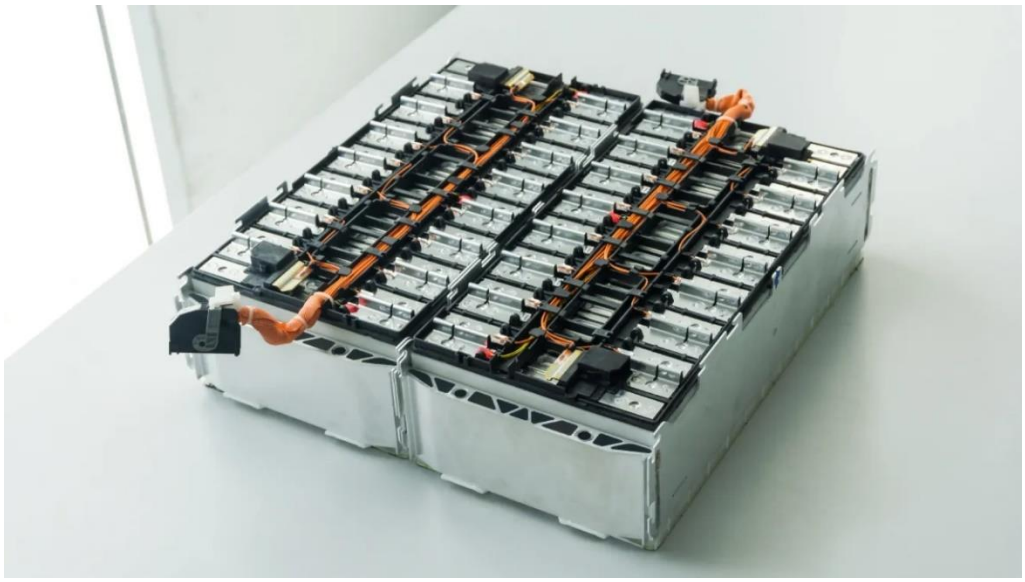
### *2.2.3 Voltaje de las Baterías para Vehículos Eléctricos*

Las baterías NMC funcionan a 3,7 voltios, en comparación con los 3,2 voltios de una batería LFP. Este voltaje más alto provoca una interacción más rápida entre el NMC y el electrolito de la batería. Como resultado, la batería sufre más daños a medida que envejece. Debido a que el voltaje de una batería LFP es menor, puede disfrutar de los beneficios de la estabilidad en el cátodo, lo que da como resultado una mayor longevidad de la batería (Dragonflyenergy.com, 2024).

Las baterías de iones de litio (Figura 7) que utilizan los fabricantes de vehículos en los coches eléctricos funcionan a 3,7 voltios por celda. Los voltajes de los paquetes varían de un coche a otro, pero la mayoría funcionan alrededor de los 400 voltios. El aumento de voltaje crea una mayor interacción entre el electrolito y el cátodo. Si bien esto proporciona más potencia y voltaje, acorta la vida útil de la batería. Si bien esta puede no ser la solución ideal para las baterías de iones de litio para el almacenamiento, es la solución perfecta para alimentar vehículos eléctricos.

**Figura 7**

*Paquetes de Baterías para Vehículo Eléctrico*



Tomado de: https://www.simonelectric.com/blog/el-vehiculo-electrico-elementos-principales-y-funcionamiento

### *2.2.3 Baterías de Ion Litio para Vehículos Eléctricos*

Las baterías de ion litio para vehículos eléctricos son dispositivos de almacenamiento de energía que utilizan tecnología de iones de litio para alimentar el motor eléctrico de un vehículo. Estas baterías funcionan mediante el movimiento de iones de litio entre el ánodo y el cátodo dentro de celdas electroquímicas, lo que genera y almacena energía eléctrica.

Son conocidas por su alta densidad energética, lo que permite una mayor autonomía en los vehículos eléctricos, y por su capacidad para soportar múltiples ciclos de carga y descarga con un mínimo de degradación. Además, las baterías de ion litio tienen una relación peso-potencia favorable, lo que contribuye a mejorar el rendimiento y la eficiencia de los vehículos eléctricos. Estas baterías también permiten una carga relativamente rápida en comparación con otras tecnologías de baterías, lo que las convierte en una de las opciones más utilizadas en la industria automotriz para vehículos eléctricos.

### *2.2.4 Funciones del BMS*

La instalación de un sistema de gestión de baterías en un vehículo eléctrico puede mejorar la seguridad (Cyient.com, 2024). El sistema de gestión de baterías realiza las cuatro funciones siguientes:

1. Monitoreo de parámetros de la batería

Esta es la función principal de un BMS. Monitorea el estado de una celda, representado por parámetros como:

- Voltaje: indica el voltaje total de una celda, el voltaje combinado de la batería, los voltajes máximo y mínimo de la celda, etc.
- Temperatura: muestra la temperatura promedio de la celda, las temperaturas de entrada y salida del refrigerante y la temperatura general de la batería.
- El estado de carga de la celda para mostrar el nivel de carga de la batería.
- Estado de salud de la celda: muestra la capacidad restante de la batería como porcentaje de la capacidad original.
- Estado de energía de la celda: muestra la cantidad de energía disponible durante un período determinado dado el uso actual, la temperatura y otros factores.

- El estado de seguridad de la celda: se determina manteniendo una mirada colectiva sobre todos los parámetros y determinando si el uso de la celda representa algún peligro.
- El flujo de refrigerante y su velocidad.
- El flujo de corriente que entra y sale de la celda.

2. Gestión de las temperaturas térmicas

La temperatura es el factor más importante que afecta a una batería. El sistema de gestión térmica de la batería vigila y controla la temperatura de la batería. Estos sistemas pueden ser pasivos o activos, y el medio de refrigeración puede ser un líquido no corrosivo, aire o alguna forma de cambio de fase. El uso de aire como refrigerante es la forma más sencilla de controlar las temperaturas de la batería.

Los sistemas de refrigeración por aire suelen ser pasivos, ya que dependen de la convección del aire circundante o utilizan un ventilador para inducir el flujo de aire. Sin embargo, el principal inconveniente es la ineficiencia del sistema. Se utiliza una cantidad significativa de energía para hacer funcionar el sistema de refrigeración en comparación con uno basado en líquido. Además, en sistemas más grandes, como las baterías de automóviles, los componentes adicionales necesarios para los sistemas basados en aire, como los filtros, pueden aumentar el peso del automóvil, lo que afecta aún más a la eficiencia de la batería.

Los sistemas refrigerados por líquido tienen un mayor potencial de enfriamiento que los sistemas de aire porque son más conductores térmicos. Las baterías están sumergidas en refrigerante, o el refrigerante puede fluir libremente hacia el BMS sin afectar la batería. Sin embargo, esta forma indirecta de enfriamiento térmico puede crear grandes diferencias de temperatura en el BMS debido a la longitud de los canales de enfriamiento. Pero se pueden reducir bombeando el refrigerante más rápido, por lo que se crea un equilibrio entre la velocidad de bombeo y la consistencia térmica.

3. Realización de cálculos clave

Un BMS calcula varios valores de la batería en función de parámetros como la corriente máxima de carga y descarga para determinar la carga de la celda y los límites de la corriente de descarga (Monolithicpower.com, 2024). Estos incluyen:

- La energía en kilovatios-hora (kWh) suministrada desde el último ciclo de carga
- La impedancia interna de una batería para medir el voltaje de circuito abierto de la celda.
- Carga en amperios por hora (Ah) suministrada o contenida en una celda (llamada contador de Coulomb), para determinar la eficiencia de la celda
- Energía total suministrada y tiempo de funcionamiento desde que se empezó a utilizar la batería
- Número total de ciclos de carga y descarga por los que ha pasado la batería

4. Facilitar la comunicación interna y externa

Un BMS tiene controladores que se comunican internamente con el hardware a nivel celular y externamente con los dispositivos conectados.

Estas comunicaciones externas difieren en complejidad, dependiendo del dispositivo conectado. Esta comunicación se realiza a menudo a través de un controlador centralizado y se puede realizar mediante varios métodos, entre ellos:

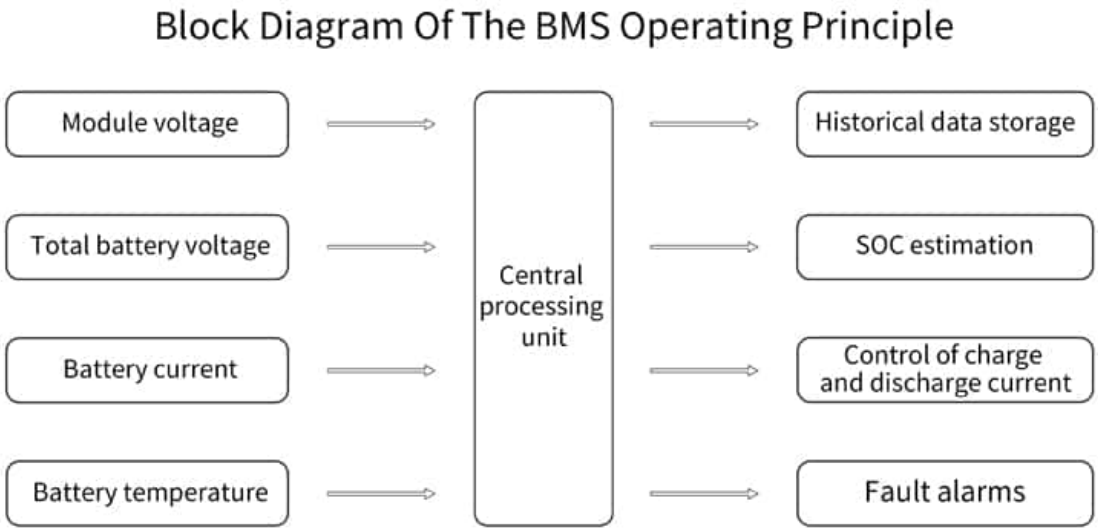
- Diferentes tipos de comunicaciones seriales
- Comunicadores de bus CAN, de uso frecuente en vehículos
- Comunicaciones DC-BUS, que son comunicaciones en serie a través de líneas eléctricas
- Diversos tipos de comunicación inalámbrica, incluidos radio, buscapersonas, teléfonos celulares, etc.

### *2.2.5 Componentes del BMS*

El BMS está compuesto de cuatro elementos: el sistema de gestión de la batería, el sistema de control de balance de voltaje, el sistema de gestión térmica y el sistema de protección de seguridad. Cada componente tiene su función para brindar a la batería una protección adecuada (Figura 8).

**Figura 8**

*Diagrama de Bloques del BMS*




Tomado de: https://www.lybess.com/es/bms-battery-management-system-caracteristicas-detalladas/#:~:text=El%20BMS%20consta%20de%20cuatro,la%20bater%C3%ADa%20la%20mejor%20protecci%C3%B3n.

### *2.2.6 Características de BMS*

Las características del BMS (Bacancysystems.com, 2024) son:

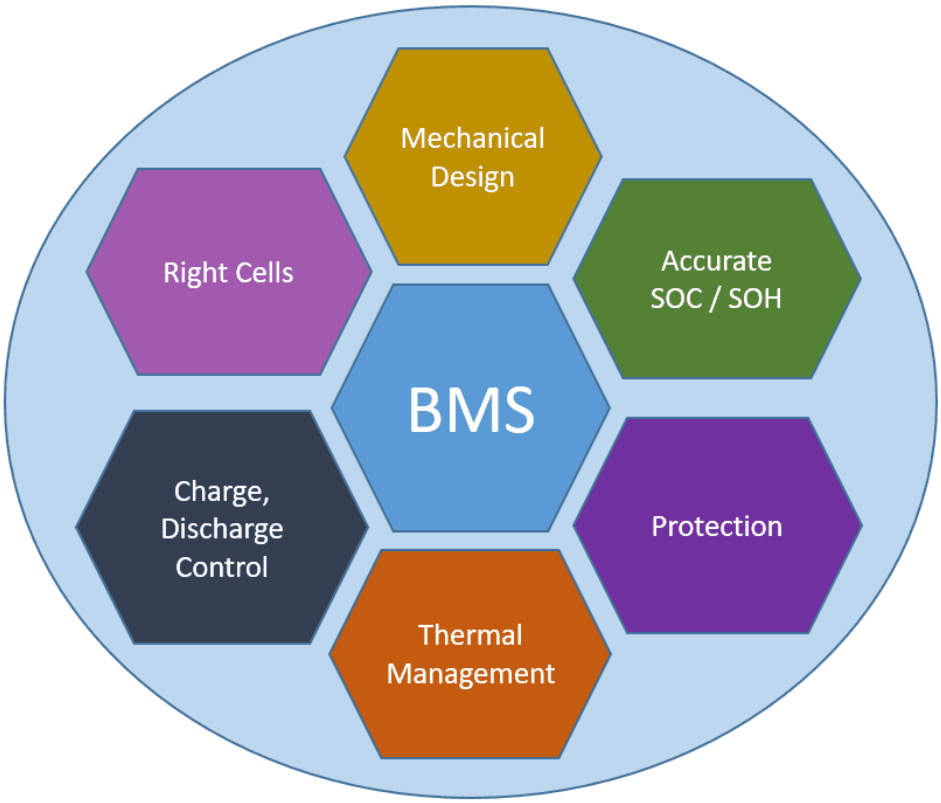
- Determinar con precisión el SOC (estado de carga) y el SOH (estado de salud) de la batería, lo que favorece el equilibrio pasivo de las celdas, esencial para alcanzar la estabilidad de las celdas.

- Al lograr una precisión de medición de corriente (hasta un 2 %) y de temperatura (±1 °C), el BMS Pro permite la utilidad multipropósito requerida para la integración del hardware.
- Incorporando algoritmo SOC y compensación OCV, manteniendo precisión y exactitud.
- Cubriendo una amplia variedad de celdas y casos de uso, para detectar y alertar fallas y diagnosticar el registro de eventos.

El software BMS puede ajustar los procesos de carga y descarga, lo que genera un rendimiento y una eficiencia óptimos de la batería (Figura 9).

**Figura 9**

*El Papel del BMS en las Baterías de Litio*




Tomado de: https://www.tritekpower.com/how-custom-lithium-battery-bms-adapt-to-your-business-needs/

### *2.2.7 Gestión Térmica del BMS*

- Importancia: La temperatura es un factor crítico en el rendimiento y la vida útil de la batería. El BMS gestiona la disipación de calor y activa sistemas de refrigeración o calefacción según sea necesario.
- Métodos: Puede utilizar refrigeración por aire, por líquido, o incluso sistemas de gestión térmica basados en materiales de cambio de fase.

### *2.2.7 Balanceo de Celdas*

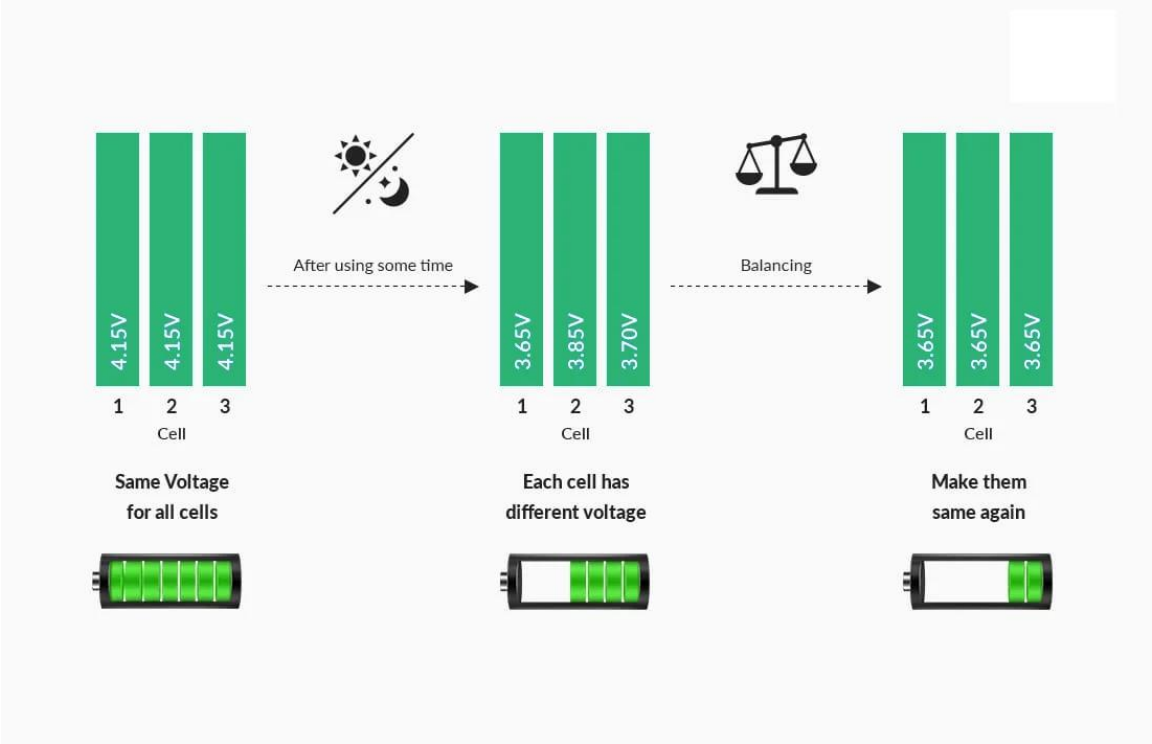
- Función: Asegura que todas las celdas de la batería se descarguen y carguen de manera uniforme. Esto es crucial para maximizar la eficiencia y prolongar la vida útil de la batería.
- Tipos: Balanceo pasivo (donde la energía se disipa como calor) y balanceo activo (donde la energía se transfiere entre celdas).

Otra función fundamental del BMS es equilibrar la batería. Es fundamental mantener una carga uniforme en todas las celdas, ya que el paquete de baterías de un vehículo eléctrico está formado por numerosas celdas individuales. El BMS lo hace mediante un equilibrio activo o pasivo, lo que mejora la eficacia y la durabilidad generales del paquete de baterías. Durante el equilibrado activo, la carga se traslada de las celdas con mayor carga a las de menor carga para mantener el mismo nivel de carga en todas las celdas. Por otro lado, el uso de resistencias en derivación en el equilibrado pasivo hace que el exceso de carga de las celdas con mayor carga se disipe en forma de calor, en lugar de transferirse entre celdas (Mokoenergy.com, 2024).

El equilibrio pasivo de celdas en un BMS, o BMS con equilibrio pasivo, consiste en disipar el exceso de energía de las celdas con mayor carga hasta que su voltaje se iguale al de la celda con menor carga. Para lograr este equilibrio, se utilizan técnicas que implican resistencias de derivación fija o conmutación dentro de los equilibradores de celdas pasivas (Figura 10).

**Figura 10**

*Equilibrio de Celdas de una Batería de Vehículos Eléctricos*




Tomado de: https://www.mokoenergy.com/es/cell-balancing-in-bms/

### *2.2.8 Estado de Carga (SOC) de una Batería de Vehículo Eléctrico*

El estado de carga se puede definir como el estado de energía eléctrica disponible en la batería, generalmente expresado como un porcentaje. Debido a que la energía eléctrica disponible varía con la corriente de carga y descarga, la temperatura y el fenómeno de envejecimiento, la definición del estado de carga también se divide en dos tipos: estado de carga absoluto (ASOC) y estado de carga relativo (estado de carga relativo; RSOC).

Por lo general, el rango de estados de carga relativa es de 0% a 100%, a diferencia del 100% cuando la batería está completamente cargada y el 0% cuando está completamente descargada.

El estado de carga absoluto es un valor de referencia calculado a partir del valor de capacidad fija diseñada cuando se fabrica la batería.

El estado de carga absoluto de una batería nueva y completamente recargable es del 100%; una batería vieja, incluso si está completamente cargada, no alcanzará el 100% en diferentes condiciones de carga y descarga.

Cuanto mayor sea la velocidad de descarga, menor será la capacidad de la batería. Cuando la temperatura es baja, la capacidad de la batería también disminuye.

El SOC está estrechamente relacionado con la capacidad de la batería y también puede determinarse como la relación entre la capacidad restante y la capacidad nominal o máxima especificada por el fabricante.

$$SOC = \frac{Q}{Qmax}$$

Q= remaining capacity

$Q_{máx}$ = rated capacity

Monitoreo de SOC y SOH Esto implica medir el voltaje, la corriente y la temperatura de la batería y utilizar los resultados para determinar el SOC y el SOH.

El SOC normalmente lo calcula el BMS utilizando el voltaje y la corriente que fluyen hacia dentro y hacia fuera de la batería.

El SOH, por otro lado, a menudo se establece en función de elementos como la cantidad de ciclos de carga/descarga que ha tenido la batería, su antigüedad y su historial de temperatura.

### *2.2.9 Launch X-431 PAD VII LINK*

Es una inesperada herramienta de diagnóstico de alta gama de LAUNCH, viene con la función de calibración ADAS, 39 funciones de servicio, servicio TPMS y múltiples funciones de módulos extendidos.

El nuevo Smartlink C VCI ofrece a los técnicos un nuevo nivel de diagnóstico sin la limitación de funciones de diagnóstico, herramientas y tipos de vehículos (Figura 11).

**Figura 11**

*Launch X-431 PAD VII LINK*

Tomado de: https://www.mk3.com/es/mk22398

# Capítulo III

## Parámetros Críticos que el BMS Controla Baterías de Ion Litio

El Sistema de Gestión de Baterías (BMS) es esencial para garantizar la eficiencia, seguridad y durabilidad de las baterías de ion-litio en los vehículos eléctricos (EV). El BMS monitoriza y regula varios parámetros críticos que influyen en el rendimiento del paquete de baterías, asegurando que funcione dentro de los límites seguros y optimizando el uso de energía.

Este capítulo detalla los principales parámetros que el BMS controla en una batería de ion-litio de un EV.

El BMS es fundamental en la gestión de los parámetros críticos de una batería de ion-litio en un vehículo eléctrico. Al monitorear el SOC, SOH, la temperatura, el voltaje de las celdas y la corriente de carga/descarga, el BMS asegura la eficiencia operativa, prolonga la vida útil de la batería y protege el sistema frente a posibles fallos. Un BMS bien gestionado es clave para el rendimiento, la seguridad y la sostenibilidad de los vehículos eléctricos.

### 3.1 Métodos

Para desarrollar la metodología de investigación sobre el sistema de gestión de baterías de alta tensión (BMS) en un vehículo eléctrico Skywell ET5, se puede seguir una estructura detallada y organizada que aborde los diferentes aspectos necesarios para obtener resultados precisos y relevantes.

### 3.2 Diseño de la Investigación

- Tipo de estudio: Investigación experimental y descriptiva.
- Método: Se utilizarán técnicas de análisis cualitativo y cuantitativo.

#### *3.2.1 Estudio Exploratorio*

El estudio exploratorio es una fase fundamental dentro de la metodología de investigación, especialmente cuando se aborda un tema que no ha sido ampliamente estudiado

o cuando se busca obtener una comprensión inicial del sistema de gestión de baterías de alta tensión en el vehículo Skywell ET5.

### *3.2.2 Desarrollo del Protocolo Experimental*

- Escenarios de prueba:

Definir diferentes escenarios operativos para evaluar el BMS, como condiciones de carga completa y en funcionamiento del vehículo.

- Procedimiento de prueba:

Iniciar con una prueba básica del sistema en condiciones normales.

Realizar pruebas bajo diferentes condiciones de marcha del vehículo.

Monitorear el rendimiento del BMS durante estas pruebas, registrando datos en tiempo real.

## 3.3 Monitoreo en Tiempo Real Usando Herramientas de Diagnóstico

Observar y registrar el comportamiento de los parámetros críticos en tiempo real mientras el vehículo está en operación.

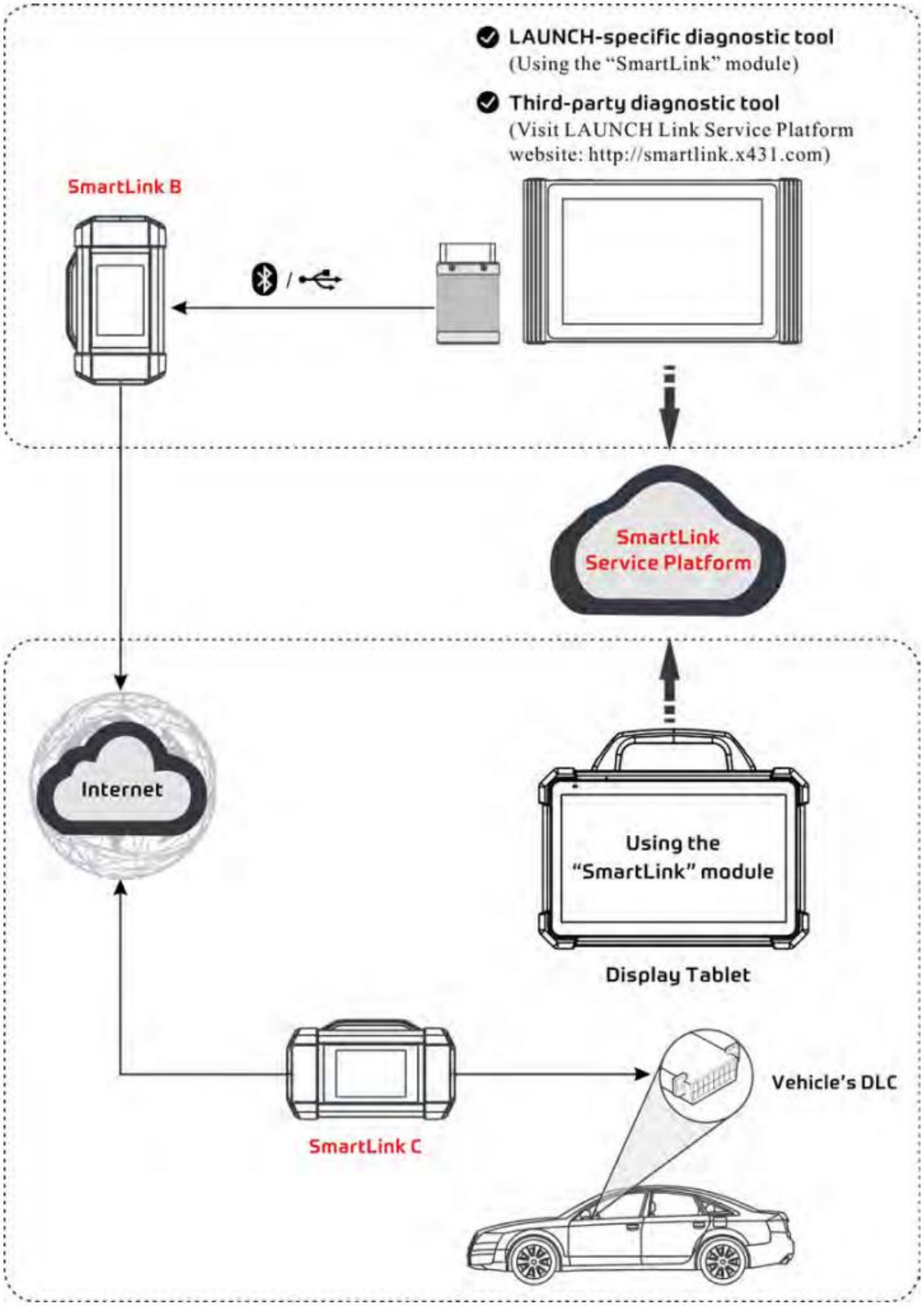
Se utiliza el Smartlink C (Figura 12) que es una caja de diagnóstico inteligente de nueva generación con sistema Linux desarrollado independientemente por Launch, que admite múltiples modos de comunicación (USB, BT, WIFI) y múltiples protocolos de diagnóstico.

Se puede utilizar solo como una caja de diagnóstico remoto para el diagnóstico remoto SmartLink, o como una herramienta de paso para conectarse con el software OEM.

- Admite el estándar de diagnóstico D-PDU / J2534 / RP1210 y cubre automóviles de pasajeros y vehículos comerciales al mismo tiempo
- Admite el último protocolo de diagnóstico de CAN / DOIP / CAN FD
- Admite banda dual 2.4G / 5G
- Admite actualización en línea

**Figura 12**

*Smartlink C VCI*



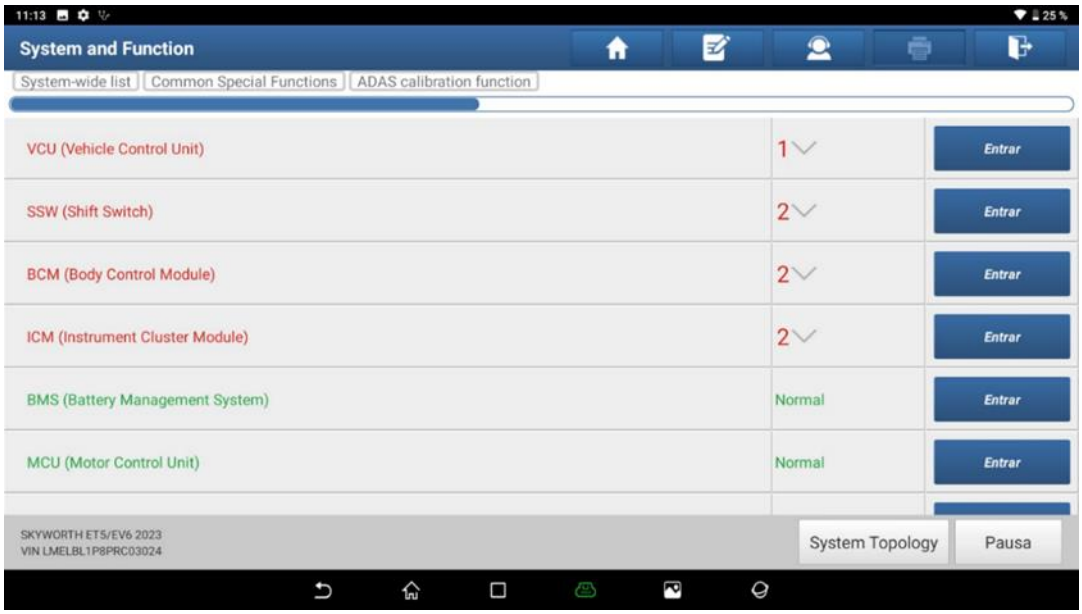

Tomado de: https://www.launch-x431.net/launch-x431-pad-vii-with-x-prog3

### *3.3.1 Monitoreo de Datos*

- Inicia el escaneo del sistema de batería de alta tensión. El escáner Launch Pad VII efectúa un análisis detallado del estado de la batería, abarcando su capacidad de carga, tensión nominal, resistencia interna, y otros parámetros importantes (Figura 13).
- Asegurarse de que el escáner proporcione lecturas exactas y actualizadas de los parámetros de la batería.).

**Figura 13**

*Sistema y Funciones del LAUNCH X431 EV*




## 3.4 Obtención de Datos en Baterías de Alta Tensión de un Vehículo Eléctrico

- Revisar los resultados del escaneo en el escáner Launch Pad VII (Figura 14). Presta especial atención a cualquier código de error, advertencia o anomalía que haya sido identificada en el sistema de batería de alta tensión.
- Utilizar las funciones avanzadas de diagnóstico del escáner para obtener información más detallada sobre problemas específicos, como celdas defectuosas, desequilibrio de carga, o fallos en el sistema de gestión de la batería (Figura 15).

**Figura 14**

*Datos en la Prueba Experimental*

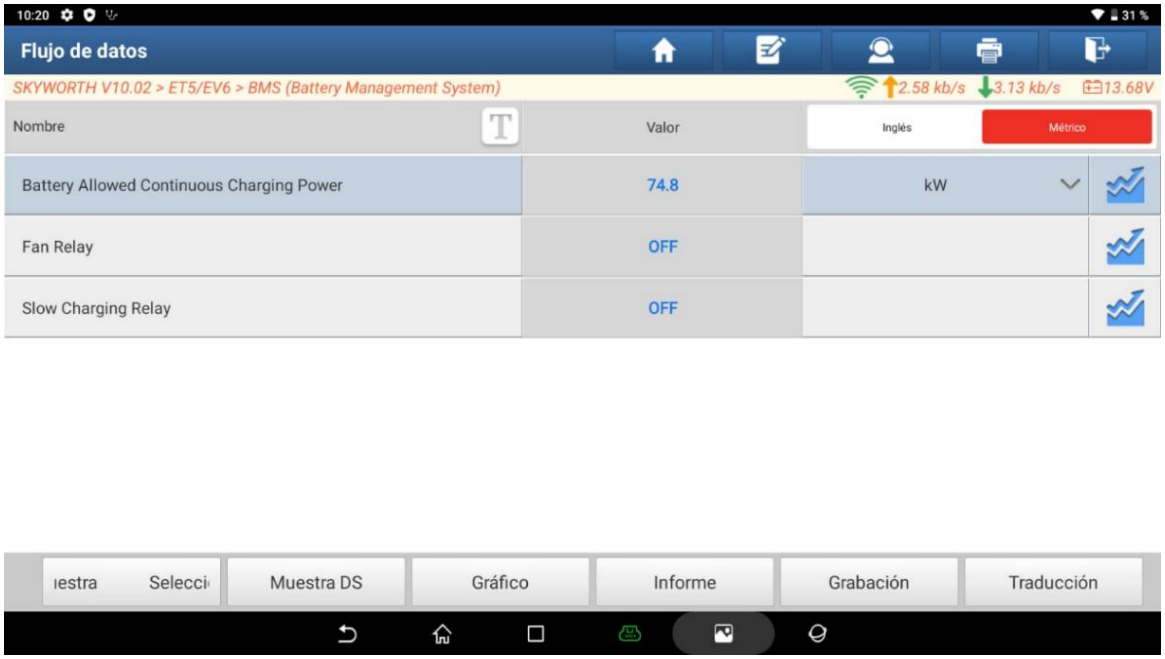



**Figura 15**

*Flujo de Datos*

### *3.4.1 Test de Equilibrio de Voltajes de Celdas*

Las baterías de alta tensión están formadas por múltiples celdas, y el equilibrio entre ellas es crucial para un rendimiento óptimo.

- Verificar el equilibrio de voltajes entre las celdas de la batería para garantizar que todas las celdas trabajen de manera homogénea.
- Identificar cualquier desequilibrio de voltaje que pueda afectar el rendimiento general de la batería y del vehículo.
- Asegurar la salud y longevidad del paquete de baterías, previniendo fallos debidos a celdas desbalanceadas.

## 3.5 Equipo para Verificación del Estado de las Baterías

El escáner X-431 PAD VII es un equipo de diagnóstico de alta gama que viene con una gran pantalla táctil de 13,3 pulgadas, 32 funciones de servicio y diagnóstico remoto Smartlink.

Este escáner está equipado con el chipset optimizado Octa-core de 2,0 GHz, sistema operativo Android 9.0, memoria de 8G y memorias de almacenamiento de gran capacidad de 256G, X-431 PAD VII hace que su diagnóstico inteligente sea más rápido que nunca. La carcasa exterior mecanizada con precisión está diseñada para funcionar contra los peligros del taller, como daños por agua y polvo, y cumple con la norma IP65.

El X-431 PAD VII utiliza una batería de alta capacidad (aproximadamente 19 000 mAh) y alta potencia para garantizar una mayor duración de la batería, pero un tiempo de carga más corto.

Además, X-431 PAD VII (Figura 16) mejora la conexión entre el escáner y el VCI en conectividad "Dual WiFi", que permite que el VCI mantenga una conexión más rápida y estable durante el diagnóstico.

**Figura 16**

*Modo de Diagnóstico EV*

El escáner tiene las siguientes características:

- La pantalla de voltaje en tiempo real ayuda al técnico a monitorear la condición de voltaje del vehículo durante el diagnóstico.
- El mapeo de topología brinda una verificación visual de los DTC y el estado de comunicación de todos los sistemas.
- Admite protocolos de comunicación automotriz CAN/CANFD/DoIP y estándares de comunicación automotriz J2534/D-PDU/RP1210.
- Detecta automáticamente el protocolo de comunicaciones del vehículo y ayuda a verificar si el pin del puerto OBDII automotriz está dañado o no.
- El diagnóstico inteligente permite identificar el VIN automáticamente y acceder al sistema rápidamente.

## 3.6 Vehículo Utilizado

El Skywell ET5 (Figura 17) es un SUV eléctrico de origen chino que combina un diseño moderno con tecnología avanzada. Ofrece un interior espacioso y una amplia gama de características tecnológicas. Equipado con una batería de 72 kWh, el ET5 tiene una autonomía aproximada de 520 km según el ciclo NEDC, aunque puede variar en condiciones reales. Su motor eléctrico genera 150 kW (201 hp) y un torque de 320 Nm, proporcionando una aceleración fluida y eficiente.

Las especificaciones técnicas del vehículo se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Especificaciones Técnicas del Vehículo Eléctrico ET5*

| Especificaciones | Descipción |
|---|---|
| • Marca | • Skywell |
| • Año | • 2022 |
| • Modelo | • ET5 |
| • Tipo | • 100% Eléctrico |
| • Batería | • Ternaria de iones de litio |
| • Carga rápida DC | • 30 minutos (380v) 30%-80% |
| • Carga AC | • 11 horas (220V) |
| • Rango de Crucero | • Hasta los 520 kilómetros |
| • Energía - batería (kWh) | • ≥110kWh |

**Figura 17**

*Vehículo Experimental Skywell ET5*

Tomado de: https://skywell.com.ec/

# Capítulo IV

# Diagnóstico del Sistema de Gestión de Baterías (BMS) usando un Escáner Launch X-431 PAD VII

## 4.1 Descripción

El escáner Launch X-431 PAD VII es una herramienta que ayuda a diagnosticar sistemas electrónicos en vehículos, incluyendo el Sistema de Gestión de Baterías (BMS) en vehículos eléctricos. A continuación, se detalla el proceso para realizar un diagnóstico eficiente del BMS.

El uso de este tipo de herramienta avanzada, escáner Launch X-431 PAD VII, ha revolucionado la capacidad de diagnóstico del BMS. Este dispositivo no solo admite la lectura de datos en tiempo real, sino que también posibilita el acceso a funciones específicas del sistema, como la identificación de fallos, la verificación de parámetros y la calibración de sensores. Al utilizar un escáner de este tipo, los técnicos pueden analizar la comunicación entre la unidad de control del BMS y las baterías, lo que es fundamental para asegurar un rendimiento óptimo y prevenir problemas futuros.

El diagnóstico utilizando el escáner Launch X-431 PAD VII se basa en la tecnología de comunicación de datos CAN (Controller Area Network), que garantiza una interacción directa con el BMS. Este escáner está diseñado para interpretar códigos de error y efectuar pruebas funcionales, proporcionando una evaluación precisa del sistema y permitiendo la toma de decisiones informadas para su mantenimiento. La capacidad de visualizar y analizar múltiples parámetros de la batería en tiempo real hace que esta herramienta sea fundamental en la gestión y optimización de los sistemas de almacenamiento de energía de los EV.

## 4.2 Preparación Inicial

- Asegurarse de la Conectividad del Escáner: Conectar el escáner Launch X-431 PAD VII al puerto OBD-II del vehículo eléctrico. Asegurarse de que el vehículo esté apagado antes de la conexión (Figura 15).
- Encender el Vehículo: Poner el vehículo en modo encendido (sin arrancar el motor en caso de un híbrido o encender completamente en el caso de un vehículo eléctrico) para activar los sistemas electrónicos y el BMS.
- Conexión a la Red Wi-Fi (si es necesario): El escáner puede requerir conexión a Internet para verificar actualizaciones de software o la base de datos de fallos específicos.

**Figura 18**

*Conexión del Escáner*

## 4.3 Selección del Vehículo y Sistema

- Inicio del Escáner: Encender el escáner y abrir la aplicación de diagnóstico. Seleccionar la marca y el modelo del vehículo. En este caso, se selecciona el vehículo eléctrico Skywell (Figura 16).

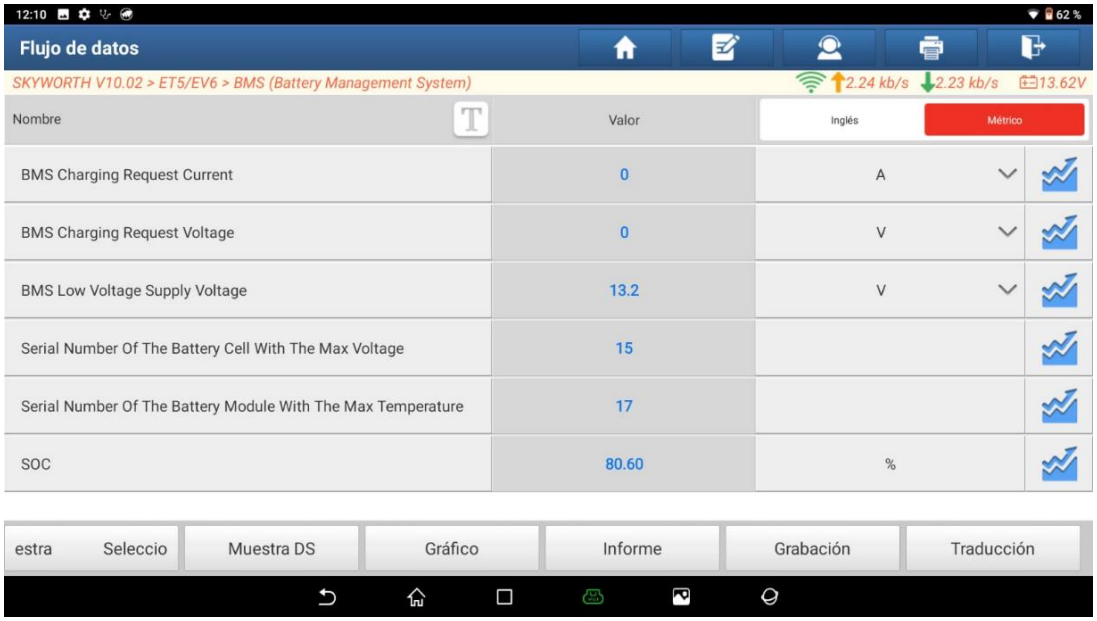
- Acceder al Sistema BMS: Después de identificar el modelo del vehículo, el escáner mostrará una lista de sistemas disponibles para diagnóstico. Seleccionar el Sistema de Gestión de Baterías (BMS), que maneja la gestión de la energía de la batería, el control de carga y descarga, y otros parámetros (Figura 17).

**Figura 19**

*Selección del Vehículo*

**Figura 20**

*Selección del BMS*



## 4.4 Lectura de Códigos de Diagnóstico (DTC)

- Escaneo de Códigos de Error: El escáner realiza automáticamente una lectura de los códigos de diagnóstico de fallos (DTC). Estos códigos proporcionan información sobre cualquier anomalía registrada por el BMS, como fallos en el balanceo de celdas, sobrecalentamiento, voltajes anormales o problemas en la comunicación entre las celdas (Figura 18).
- Interpretación de Códigos: El escáner mostrará una lista con la descripción detallada de los códigos. Por ejemplo, un código relacionado con la temperatura elevada de la batería indicará que una celda o todo el paquete está funcionando fuera de los parámetros normales.

**Figura 21**

*Escaneo de Códigos DTC*

## 4.5 Monitoreo de Parámetros en Tiempo Real

- Lectura de Parámetros Clave del BMS: Utilizando el escáner Launch X-431 PAD VII, se puede acceder a información detallada y en tiempo real de varios parámetros del sistema de baterías, entre ellos:

Estado de Carga (SOC): El nivel actual de carga de la batería, expresado como un porcentaje de su capacidad total (Figura 19).

Estado de Salud (SOH): Mide la capacidad actual de la batería en relación con su capacidad original cuando era nueva.

**Figura 22**

*Datos Mostrados-SOC*

Voltaje de Celdas: Monitorea el voltaje de cada celda individual en el paquete de baterías (Figura 20).

Temperatura de Celdas: Monitorea la temperatura de cada celda o grupo de celdas dentro de la batería.

**Figura 23**

*Datos Mostrados-Voltaje y Temperatura*

## 4.6 Ejecución de Pruebas Activas

El Launch X-431 PAD VII permite realizar pruebas activas, lo que significa que el técnico puede verificar ciertos datos del BMS para verificar su funcionamiento.

**Figura 24**

*Datos Mostrados-Voltaje de Alimentación del BMS*

En la Figura 22 se muestran la selección de los parámetros del BMS que se van a evaluar durante el funcionamiento del vehículo.

**Figura 25**

*Selección de los Parámetros a Evaluar del BMS*

En la Figura 23 se muestran los valores de los parámetros seleccionados del BMS a evaluar durante el funcionamiento del vehículo.

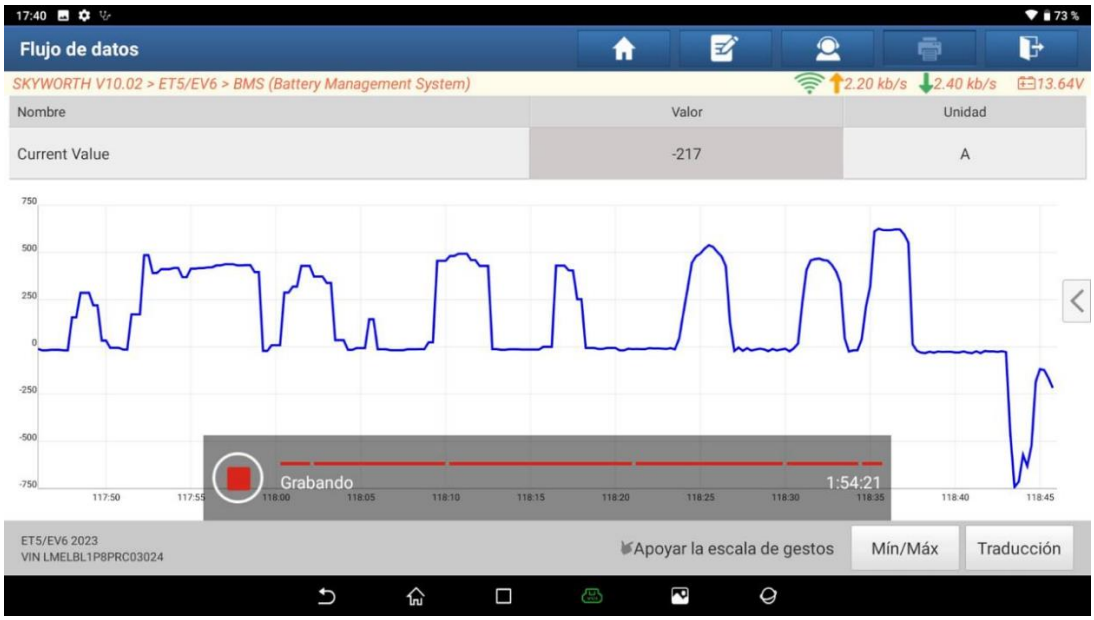
**Figura 26**

*Valores de los Parámetros Seleccionados*

En la Figura 24 se muestran los valores de la corriente del BMS durante el funcionamiento del vehículo en un trayecto determinado.

**Figura 27**

*Valores de la Corriente del BMS*




## 4.7 Informe de Diagnóstico

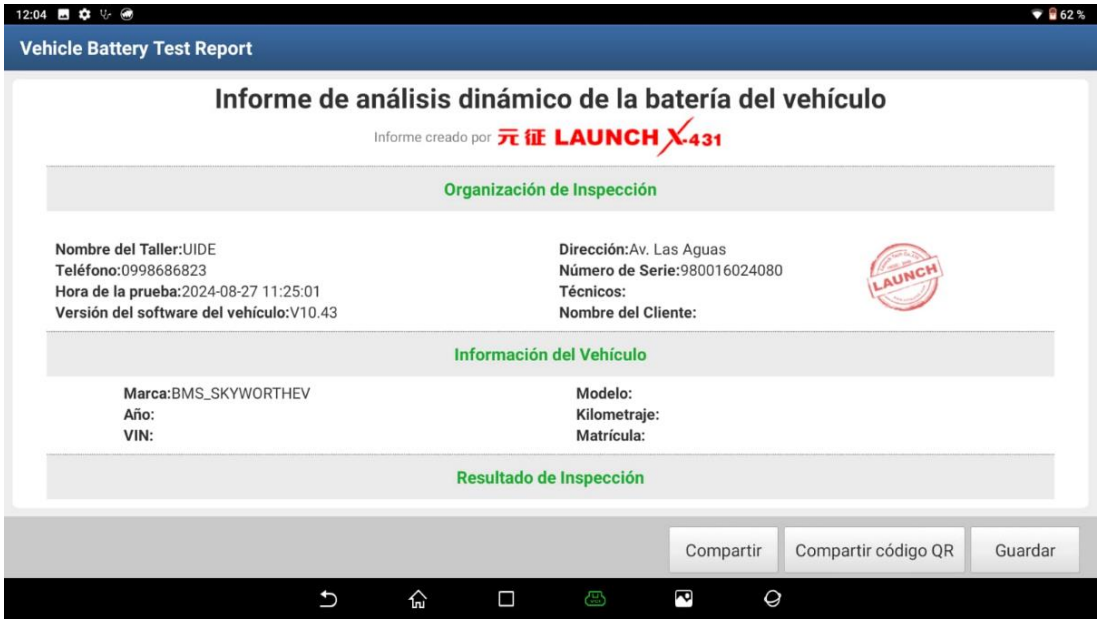
Creación de Informe: Una vez completado el diagnóstico, el escáner permite generar un informe detallado que incluye:

- Los códigos de error detectados durante el escaneo.
- Los valores registrados en tiempo real de los parámetros críticos, como SOC, SOH, voltaje de celdas, temperatura, y otros.
- Resultados de las pruebas activas realizadas.

Análisis de Resultados: El técnico puede interpretar los resultados para identificar áreas problemáticas, como celdas defectuosas, problemas de refrigeración, o fallos en la comunicación entre los módulos de la batería (Figura 25).

**Figura 28**

*Informe de Análisis Dinámico del BMS*




## 4.8 Borrado de Códigos de Error

- Corrección y Borrado de Códigos: Una vez solucionados los problemas identificados, como la reparación o reemplazo de celdas defectuosas o ajustes en el sistema de refrigeración, se pueden borrar los códigos de error almacenados en el BMS (Figura 26). Para esto se selecciona el mapeo de topología que permite verificar visualmente los DTC y el estado de comunicación de todos los sistemas, en este caso del BMS.
- Verificación de Correcciones: Después de borrar los códigos, realizar una nueva lectura para asegurarse de que no aparezcan nuevos errores y verificar que el sistema esté funcionando correctamente (Figura 27).

**Figura 29**

*Verificación del Sistema con DTC*

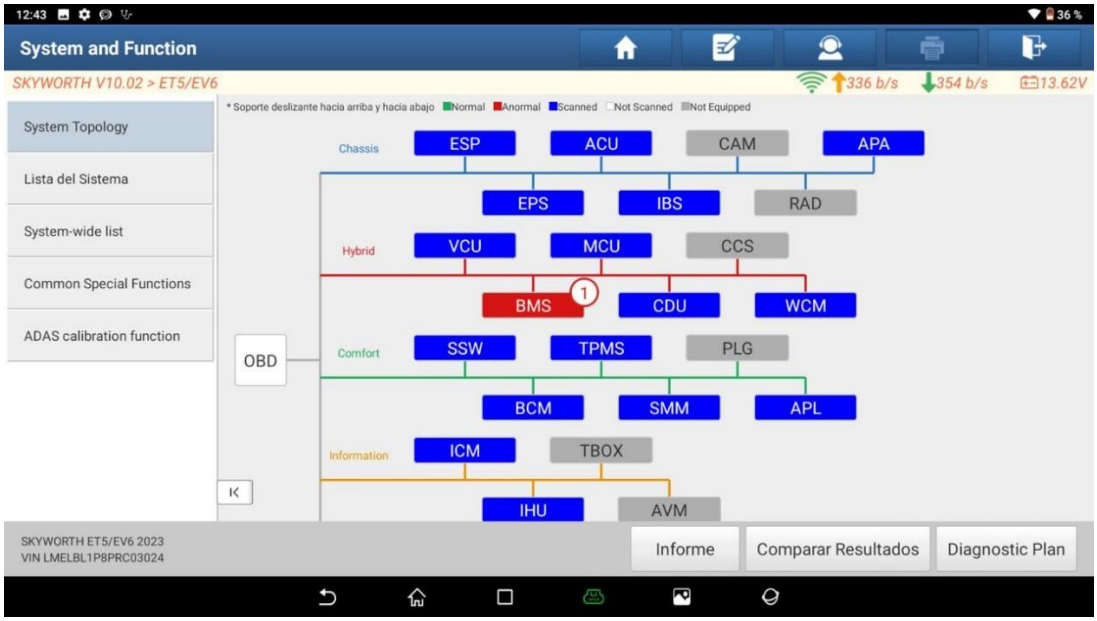
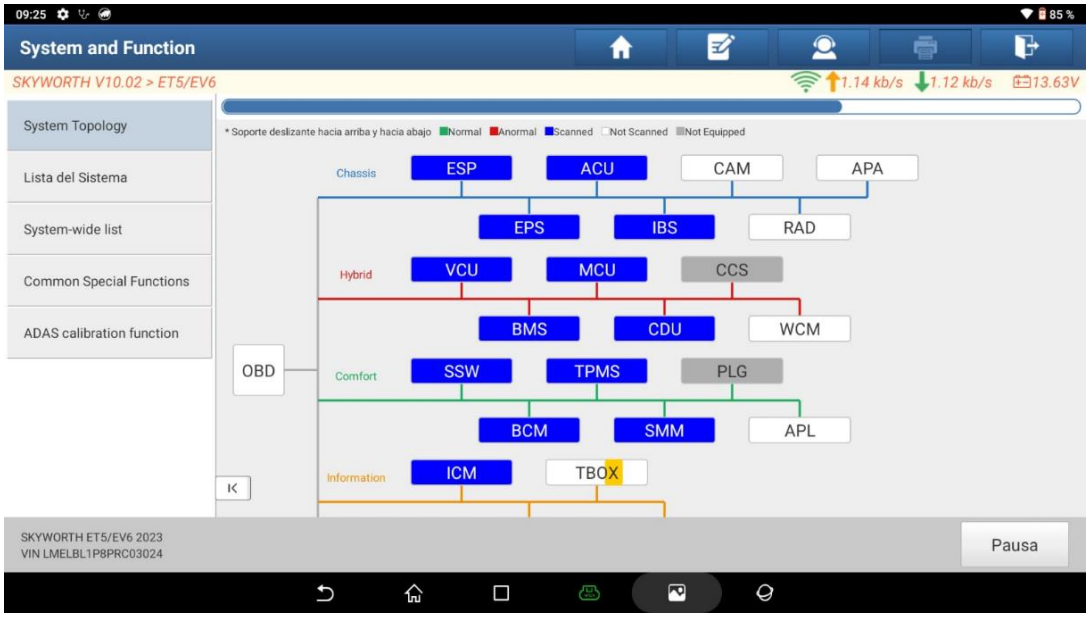



**Figura 30**

*Lectura de Datos sin DTC*

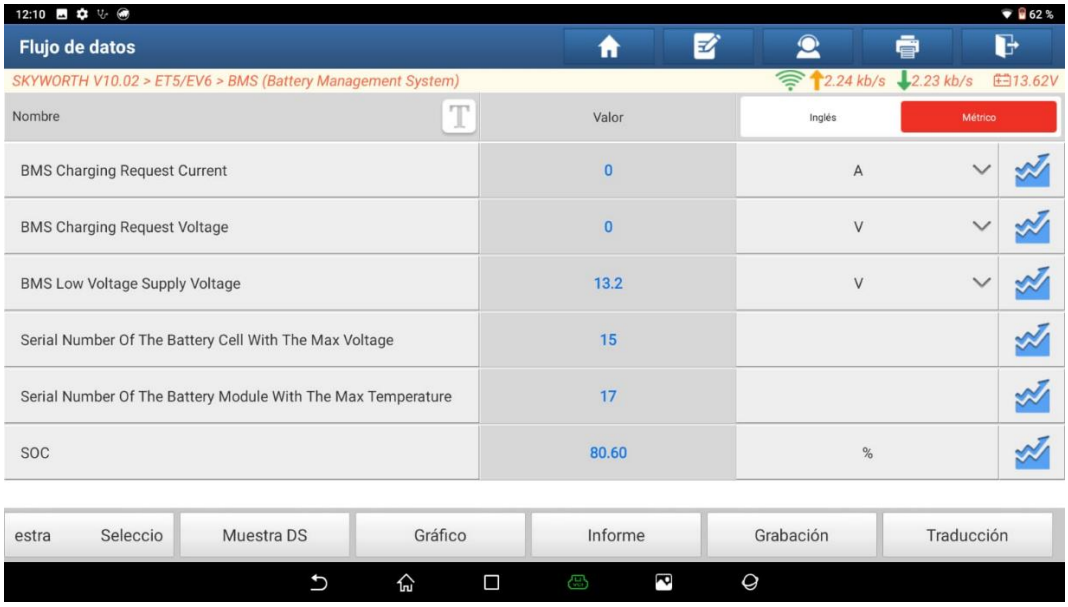


## 4.9 Validación Final

- Prueba de Funcionamiento del Vehículo: Después de realizar las reparaciones necesarias, se recomienda llevar a cabo una prueba de manejo para verificar que el BMS esté funcionando correctamente en condiciones reales de operación (Figura 28).
- Monitoreo en Tiempo Real: Durante la prueba de manejo, el escáner puede seguir monitoreando el SOC, SOH, y otros parámetros para asegurar que todo esté en orden.

**Figura 31**

*Flujo de Datos del BMS*




El proceso de diagnóstico del BMS usando el escáner Launch X-431 PAD VII es un procedimiento exhaustivo y eficiente que permite a los técnicos obtener una visión detallada del estado del sistema de gestión de baterías. Al utilizar la lectura de códigos de error, el monitoreo en tiempo real y las pruebas activas, el técnico puede identificar fallos y tomar decisiones informadas para mantener el sistema de baterías en condiciones óptimas, garantizando tanto la seguridad como el rendimiento del vehículo eléctrico.

## Conclusiones

La revisión de la literatura científica sobre las baterías de iones de litio y los sistemas de gestión de baterías (BMS) permite identificar que el BMS es un componente crucial para garantizar la seguridad, eficiencia y longevidad de las baterías en los vehículos eléctricos.

El análisis del BMS ha permitido identificar los cuatro parámetros críticos que deben ser controlados para asegurar el rendimiento adecuado de la batería, el estado de carga (SOC), el estado de salud (SOH), las temperaturas de las celdas y el voltaje de cada celda, ya que el BMS actúa como un sistema de control avanzado que equilibra estos parámetros, optimizando el rendimiento y evitando situaciones de riesgo.

El diagnóstico del BMS con el escáner Launch X-431 PAD VII ha demostrado que permite evaluar de manera eficaz el estado del sistema de gestión de baterías en vehículos eléctricos. Este equipo permite la lectura y análisis de Códigos de Error (DTC), monitoreo de parámetros en tiempo real y pruebas activas del sistema.

## Recomendaciones

Es importante mantener actualizado en investigaciones recientes sobre avances en tecnología de balanceo activo y gestión térmica en BMS para optimizar la eficiencia y seguridad de las baterías.

Se debe mantener el software del BMS actualizado para obtener algunas mejoras en el balanceo de celdas y la gestión térmica.

Efectuar diagnósticos habituales del BMS con el Launch X-431 PAD VII para descubrir problemas a tiempo y garantizar un buen rendimiento del sistema de gestión de baterías.

## Bibliografía

Camacás Tenganán, J. O. (2020). Implementación de un dispositivo de diagnóstico para módulos de batería de vehículos híbridos y eléctricos (Bachelor's thesis).

Choudhary, A., Fatima, S., & Panigrahi, B. K. (2022). State of the art technologies in fault diagnosis of electric vehicles: A component-based review. IEEE Transactions on Transportation Electrification.

Deng, J., Bae, C., Denlinger, A., & Miller, T. (2020). Electric vehicles batteries: requirements and challenges. Joule, 4(3), 511-515.

De Gennaro, M., Paffumi, E., Martini, G., Manfredi, U., Vianelli, S., Ortenzi, F., & Genovese, A. (2015). Experimental test campaign on a battery electric vehicle: laboratory test results (Part 1). SAE International Journal of Alternative Powertrains, 4(1), 100-114.

Harper, G., Sommerville, R., Kendrick, E., Driscoll, L., Slater, P., Stolkin, R., ... & Anderson, P. (2019). Recycling lithium-ion batteries from electric vehicles. nature, 575(7781), 75-86.

Kumar, L., Choudhury, D., Paduri, A. R., Kumar, S., Sahoo, D., Murthy, J., & Darapaneni, N. (2024, March). Electric Vehicle (EV) Preventive Diagnostic System: Solution for Thermal Management of Battery packs using AIOT. In 2024 IEEE 13th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC) (pp. 0041-0046). IEEE.

Małek, A., & Toccani, R. (2021). Innovative approach to electric vehicle diagnostics. Archiwum Motoryzacji, 92(2), 49-67.

Maurad Yubi, J. C., & Armijos Illescas, E. M. (2018). Caracterización de los sistemas del vehículo eléctrico Kia Soul EV (Bachelor's thesis).

Peña Ordóñez, C. (2011). Estudio de baterías para vehículos eléctricos (Bachelor's thesis).

Rivero, V. L. R., Mero, C. M. L., Barrezueta, M. F. G., & Jaramillo, W. O. G. (2022). Perspectivas del eco-driving como técnica para reducir el consumo de combustible en la ciudad de Guayaquil: Perspectives of eco-driving as a technique to reduce fuel consumption in the city of Guayaquil. South Florida Journal of Development, 3(5), 6226-6235.

Ruiz, V., Pfrang, A., Kriston, A., Omar, N., Van den Bossche, P., & Boon-Brett, L. (2018). A review of international abuse testing standards and regulations for lithium-ion batteries in electric and hybrid electric vehicles. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 81, 1427- 1452.

Sujitha, N., & Krithiga, S. (2017). RES based EV battery charging system: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 75, 978-988.

Wang, J., Zhang, S., & Hu, X. (2021). A fault diagnosis method for lithium-ion battery packs using improved RBF neural network. Frontiers in Energy Research, 9, 702139.

Xiong, R., Sun, W., Yu, Q., & Sun, F. (2020). Research progress, challenges and prospects of fault diagnosis on battery system of electric vehicles. Applied Energy, 279, 115855.

Young, K., Wang, C., Wang, L. Y., & Strunz, K. (2012). Electric vehicle battery technologies. In Electric vehicle integration into modern power networks (pp. 15-56). New York, NY: Springer New York.