



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

INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

Autores: Abrahan Fernando Tacuri Sarango

Director: ING Virgilio Lucas Ramos Rivero. MSc

**Incidencia del Sistema de Refrigeración Activa
por Líquido en Vehículo Eléctrico Utilizado como
Taxi en la Ciudad de Guayaquil.**

Certificado de Autoría

Yo, Abrahan Fernando Tacuri Sarango con CI:095122528 declaró 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. Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes

Abrahan Fernando Tacuri Sarango
CI:0951322528

Aprobación del Tutor

Yo, Virgilio Lucas Ramo Rivero certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo responsable exclusivo tanto de su seguridad y autenticidad, como de su contenido

Virgilio Lucas Ramo Rivero, MSc

CI:0920262912

Director del Proyecto

Dedicatoria

Agradezco a Dios por darme un día más de vida y darme esa oportunidad de haber llegado hasta este momento tan especial para mí como lo es convertirme en un profesional de la república del Ecuador. A mis padres y hermano infinita gratitud eterna por todo el apoyo incondicional que he tenido desde mis primeros pasos formativos hasta el final de mi carrera le doy gracias por todo el, sacrificio y apoyo.

Abrahan Fernando Tacuri Sarango

Agradecimiento

Agradezco primero a Dios él es que me cuida y me guía y me permitió llegar hasta este momento que es el más importante en mi vida.

A mis padres y hermano agradezco por todo el esfuerzo y sacrificio que han puesto en mi para poder llegar a cumplir mi sueño de ser un profesional infinita gratitud y cariño.

A mis compañeros agradecerle por toda las buenas y malas vivencia de la etapa universitaria aprendí de cada uno de ellos lo mejor y les deseo lo mejor de los éxitos en sus vidas profesionales.

Agradezco a mis profesores que han sido excelente profesionales y que han podido ser un ejemplo de enseñanza y perseverancia para que todos los estudiantes puedan llenarse de conocimiento para poder ser grandes profesionales con una ética y moral de excelencia.

A mi tutor agradezco su tiempo y paciencia ya que estuvo presente en todo este proceso de mi trabajo de titulación infinita gratitud por su esfuerzo y apoyo.

Abrahan Fernando Tacuri Sarango

Índice General

Certificado de Autoría.....	iii
Aprobación del Tutor.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice General.....	vii
Índice de Tablas.....	xi
Índice de Figuras.....	xii
Índice De Anexos.....	xiii
Resumen.....	xiv
Abstract.....	xv
Capítulo I.....	1
Antecedentes.....	1
1.1 Tema de Investigación.....	2
1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema.....	3
1.2.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2.2 Formulación del Problema.....	4
1.2.3 Sistematización del Problema.....	4
1.3 Objetivos de la Investigación.....	4
1.3.1 Objetivos Generales.....	4
1.3.2 Objetivos Específicos.....	4
1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación.....	5

1.4.1 Relevancia de la Refrigeración Activa por líquido	5
1.4.2 Justificación Teórica	6
1.4.3 Justificación Metodológica	7
1.4.4 Justificación Práctica.....	7
1.4.5 Delimitación	8
Capítulo II.....	9
2 Marco Referencial	9
2.1 Marco Teórico	9
2.2 Tecnologías de Refrigeración de Baterías.....	11
2.2.1 Importancia de la Gestión Térmica en Vehículos Eléctricos.....	13
2.2.2 Estudios Previos y Literatura Científica.....	15
2.3 Marco Conceptual	16
2.3.1 Vehículos Eléctricos	16
2.3.2 Gestión Térmica de Baterías.....	17
2.3.3 Sistemas de Refrigeración.....	18
2.3.4 Impacto de la Refrigeración en la Vida Útil de las Baterías	21
2.4 Análisis Comparativo	22
2.4.1 Refrigeración Pasiva vs. Activa por Aire vs. Activa por Líquido	22
2.4.2 Ventajas de la Refrigeración Activa por Líquido.....	23
Capítulo III.....	27
3 Influencia del Sistema de Refrigeración Activa por Líquido en la Vida Útil de las Baterías de Vehículos Eléctricos Utilizados como Taxis en Guayaquil.....	27

3.1	Efectos de la Refrigeración Activa por Líquido en la Temperatura de las Baterías	27
3.2	Comparación con Otros Métodos de Refrigeración	31
3.3	Impacto en la Vida Útil y Rendimiento de las Baterías	33
3.4	Beneficios Ambientales y Económicos	35
3.5	Estudios de Caso y Evidencia Empírica	36
3.6	Metodología Aplicada	36
3.6.1	<i>Métodos</i>	38
3.6.2	<i>Tipo de Estudio</i>	40
3.6.3	<i>Investigación Exploratoria</i>	40
3.6.4	<i>Investigación de Campo</i>	40
3.6.5	<i>Investigación Aplicada</i>	41
3.7	Descripción del Proceso de Evaluación	41
3.7.1	<i>Vehículo Utilizado</i>	41
3.7.2	<i>Dispositivo de Medición Utilizado</i>	44
3.8	<i>Registro de Datos</i>	45
	Capítulo IV.....	48
4	Resultados.....	48
4.1	Efectividad de la Refrigeración Activa por Líquido en el Mantenimiento de la Temperatura Óptima	48
4.1.1	<i>Impacto en la Resistencia Interna y Voltaje de las Baterías</i>	49
4.1.2	<i>Prolongación de la Vida Útil de las Baterías</i>	51
4.2	Análisis de Resultados.....	54

Conclusiones	55
Recomendaciones	56
Bibliografía	57
Anexos	62

Índice de Tablas

Tabla 1	<i>Componentes del Sistema de Refrigeración y Propulsión de un Vehículo Eléctrico</i>	31
Tabla 2	<i>Comparación con el Tesla Model 3</i>	32
Tabla 3	<i>Características del Refrigerante Anticongelante ACDelco DexCool</i>	37
Tabla 4	<i>Especificaciones del Vehículo e5_400</i>	43
Tabla 5	<i>Modelos y Especificaciones de los Equipos de Medición</i>	45
Tabla 6	<i>Medición Promedio de Temperaturas y Resistencia de Baterías</i>	46
Tabla 7	<i>Temperaturas Operativas de las Baterías</i>	48
Tabla 8	<i>Resistencia Interna y Voltaje de las Baterías</i>	50
Tabla 9	<i>Ciclos de Vida Útil de las Baterías</i>	52

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Mejora del Consumo de Combustible Usando TPMS</i>	12
Figura 2 <i>Sistema de refrigeración por liquido de las baterías eléctricas</i>	14
Figura 3 <i>Refrigeración Pasiva</i>	18
Figura 4 <i>Refrigeración Activa por Aire</i>	18
Figura 5 <i>Refrigeración Por Liquido</i>	19
Figura 6 <i>Sistemas Activos Para la Refrigeración de la Batería</i>	20
Figura 7 <i>IBS Sensor Inteligente Batería</i>	21
Figura 8 <i>La autonomía del vehículo eléctrico</i>	25
Figura 9 <i>Disipación de calor en las baterías eléctricas</i>	28
Figura 10 <i>Circuito para le refrigeración de la batería</i>	29
Figura 11 <i>Diagrama de bloques gestión térmica en la batería de un BYD e5 - 400</i>	30
Figura 12 <i>Refrigerante ACDelco</i>	38
Figura 13 <i>Inversor de corriente</i>	42
Figura 14 <i>Sistema de inversor</i>	42
Figura 15 <i>Sistema de refrigeración</i>	44
Figura 16 <i>Dispositivos de medición para baterías eléctricas</i>	44

Índice De Anexos

Anexo 1 <i>Características de descarga de batería</i>	62
Anexo 2 <i>Especificaciones de la batería</i>	62
Anexo 3 <i>Referencia de dispositivos de refrigeración por aire y por líquido</i>	63
Anexo 4 <i>Perfiles de descarga del Pack de baterías</i>	63

Resumen

Este estudio examina la efectividad del sistema de refrigeración activa por líquido en la gestión térmica de las baterías de vehículos eléctricos BYD e5-400 utilizados como taxis en la ciudad de Guayaquil. En climas cálidos y húmedos, como el de Guayaquil, las altas temperaturas pueden acelerar la degradación de las baterías, afectando su rendimiento y vida útil. A través de un análisis comparativo, se evaluó el impacto de este sistema de refrigeración en la temperatura, eficiencia energética, y durabilidad de las baterías. Los resultados mostraron que el sistema de refrigeración activa por líquido es altamente efectivo en mantener las baterías dentro de un rango de temperatura óptimo (29°C a 33°C), mejorando la estabilidad del voltaje y reduciendo la resistencia interna. Esto contribuye a una mayor retención de carga y autonomía operativa, reduciendo la frecuencia de recargas y los costos operativos. Además, se observó una prolongación significativa de la vida útil de las baterías, lo que es crucial para la rentabilidad de los taxis eléctricos. Se concluye que la implementación de este sistema puede ser una solución viable para mejorar la eficiencia y sostenibilidad del transporte eléctrico en climas cálidos. Se recomiendan políticas de adopción y programas de capacitación para maximizar los beneficios de esta tecnología.

Palabras Clave: refrigeración activa por líquido, gestión térmica, baterías de iones de litio, vehículos eléctricos, taxis eléctricos, Guayaquil, eficiencia energética, vida útil de las baterías.

Abstract

This study examines the effectiveness of the active liquid cooling system in the thermal management of BYD e5-400 electric vehicle batteries used as taxis in Guayaquil. In warm and humid climates like Guayaquil, high temperatures can accelerate battery degradation, affecting their performance and lifespan. Through a comparative analysis, the impact of this cooling system on battery temperature, energy efficiency, and durability was assessed. The results showed that the active liquid cooling system is highly effective in maintaining batteries within an optimal temperature range (29°C to 33°C), improving voltage stability and reducing internal resistance. This contributes to better charge retention and operational autonomy, reducing the frequency of recharges and operational costs. Additionally, a significant extension in battery lifespan was observed, which is crucial for the profitability of electric taxis. It is concluded that the implementation of this system can be a viable solution to enhance the efficiency and sustainability of electric transportation in warm climates. Adoption policies and training programs are recommended to maximize the benefits of this technology.

Keywords: active liquid cooling, thermal management, lithium-ion batteries, electric vehicles, electric taxis, Guayaquil, energy efficiency, battery lifespan.

Capítulo I

Antecedentes

El transporte urbano enfrenta desafíos críticos relacionados con la sostenibilidad y la eficiencia energética, especialmente en ciudades con alta densidad de población y tráfico como Guayaquil. En este contexto, los vehículos eléctricos (VE) han surgido como una alternativa viable para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar la calidad del aire. Sin embargo, la adopción de VE presenta varios desafíos técnicos, entre los cuales la gestión térmica de las baterías es uno de los más significativos (Holguín & Jiménez, 2024).

Las baterías de iones de litio, comúnmente utilizadas en estos vehículos, son altamente sensibles a las variaciones de temperatura, lo que puede afectar su rendimiento y durabilidad. El clima cálido y húmedo de Guayaquil plantea un desafío adicional para la operación eficiente de los VE, especialmente para aquellos utilizados como taxis que operan bajo condiciones de uso intensivo. Las altas temperaturas pueden acelerar la degradación de las baterías, reduciendo su capacidad de almacenamiento y eficiencia energética (Vega, 2015).

Este problema es particularmente relevante en los taxis eléctricos, que requieren una autonomía confiable para operar eficientemente durante todo el día. La gestión térmica adecuada es crucial para maximizar el rendimiento y la vida útil de las baterías en estos vehículos (Vega, 2015).

La refrigeración activa por líquido ha sido identificada como una solución eficaz para abordar los desafíos de la gestión térmica en baterías de VE. Este sistema utiliza un fluido refrigerante que circula alrededor de las celdas de la batería, absorbiendo y disipando el calor generado durante la operación. A diferencia de la refrigeración pasiva o la refrigeración activa por aire, la refrigeración líquida ofrece una capacidad superior para mantener las baterías a una temperatura óptima, incluso en condiciones climáticas adversas (Rojas & Burgos, 2019).

La implementación de sistemas de refrigeración activa por líquido en taxis eléctricos podría tener un impacto significativo en la eficiencia operativa y la rentabilidad de estos vehículos. Mantener las baterías a una temperatura constante y segura reduce la necesidad de recargas frecuentes y prolonga la vida útil de las baterías, disminuyendo los costos operativos. Al mejorar la eficiencia energética, se incrementa la autonomía del vehículo, lo que es esencial para el funcionamiento continuo de los taxis en entornos urbanos (Galarza, 2022).

A pesar de sus ventajas, la adopción de sistemas de refrigeración activa por líquido no está exenta de desafíos. La complejidad del sistema y los costos asociados con su implementación y mantenimiento son factores que deben ser considerados. La capacitación del personal encargado del mantenimiento y operación de estos sistemas es crucial para garantizar su eficacia y durabilidad a largo plazo. La investigación y desarrollo continuos en este campo son esenciales para mejorar las tecnologías existentes y hacerlas más accesibles y eficientes (Torres & Zevallos, 2024).

Este estudio se centra en evaluar la incidencia del sistema de refrigeración activa por líquido en la gestión térmica de las baterías de los vehículos eléctricos BYD e5-400 utilizados como taxis en Guayaquil. A través de un análisis detallado de datos de temperatura, rendimiento y durabilidad de las baterías, se busca proporcionar una comprensión clara de cómo esta tecnología puede mejorar la eficiencia y la sostenibilidad del transporte eléctrico en climas cálidos (Torres & Zevallos, 2024).

Esto no solo mejora la eficiencia energética y la durabilidad de las baterías, sino que también contribuye a la seguridad operativa de los vehículos. Se explorarán las implicaciones económicas y ambientales de la implementación de estos sistemas en flotas de taxis eléctricos.

1.1 Tema de Investigación

Incidencia del sistema de refrigeración activa por líquido en vehículo eléctrico utilizado como taxi en la ciudad de Guayaquil

1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema

En la actualidad, la industria automotriz está en una fase de evolución constante, donde la búsqueda de soluciones para reducir el consumo de combustible y minimizar el impacto ambiental se ha convertido en una prioridad.

En este contexto, el uso de vehículos eléctricos como taxis ha emergido como una solución sostenible y ecológica para reducir la contaminación urbana y disminuir la dependencia de combustibles fósiles. Sin embargo, uno de los mayores desafíos a los que se enfrentan estos vehículos es la gestión térmica de sus baterías, especialmente en un clima cálido y húmedo como el de Guayaquil.

1.2.1 Planteamiento del Problema

En la ciudad de Guayaquil, los vehículos eléctricos utilizados como taxis enfrentan un desafío crítico: la gestión térmica de las baterías en un clima cálido y húmedo. Las altas temperaturas ambientales pueden provocar un sobrecalentamiento de las baterías, lo que reduce su eficiencia y acorta su vida útil. Este problema es especialmente significativo para los taxis eléctricos que operan durante largas jornadas, lo que incrementa el riesgo de sobrecalentamiento y disminuye la autonomía del vehículo.

La falta de un sistema de refrigeración eficiente no solo afecta el rendimiento y la durabilidad de las baterías, sino que también aumenta los costos operativos debido a la necesidad de recargas más frecuentes y el posible reemplazo prematuro de las baterías. A pesar de los avances tecnológicos, persiste una brecha en la literatura científica sobre la efectividad de los sistemas de refrigeración activa por líquido en estos contextos específicos.

Es crucial realizar investigaciones que evalúen cómo un sistema de refrigeración activa por líquido podría mitigar estos efectos negativos, optimizando la eficiencia operativa y extendiendo la vida útil de las baterías en los taxis eléctricos que operan en condiciones climáticas adversas como las de Guayaquil.

1.2.2 Formulación del Problema

¿Cómo incide el sistema de refrigeración activa por líquido en el rendimiento, y durabilidad de las baterías de vehículos eléctricos BYD e5_400 utilizados como taxis en la ciudad de Guayaquil?

1.2.3 Sistematización del Problema

- ¿Cuáles son las características de los sistemas de refrigeración de las baterías de los vehículos los eléctricos?
- ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de los sistemas de refrigeración activa por liquido en comparación con métodos tradicionales de refrigeración? como la refrigeración pasiva y la activa por aire.
- ¿Cuál sería el impacto que tiene sistema de refrigeración activa por líquido en la vida útil de las baterías bajo las condiciones climáticas específicas de Guayaquil?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivos Generales

Analizar la relación del sistema de refrigeración activa por líquido con el rendimiento del vehículo eléctrico BYD.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Evaluar el impacto del sistema de refrigeración activa por líquido en la temperatura de operación de la batería en condiciones climáticas típicas de Guayaquil durante periodos prolongados.
- Comparar el rendimiento de una batería con sistema de refrigeración activa por líquido frente a una batería sin este sistema en términos de capacidad de almacenamiento y retención de carga bajo condiciones de alta temperatura y humedad de Guayaquil.

- Analizar la influencia de la refrigeración activa por líquido en la vida útil de la batería al reducir el estrés térmico y mejorar las condiciones de funcionamiento en ambientes cálidos y húmedos como los de Guayaquil.

1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación

Uno de los factores clave que afecta significativamente el rendimiento y la durabilidad de los vehículos eléctricos, especialmente aquellos utilizados como taxis, es la gestión térmica de las baterías. Las baterías que operan a temperaturas óptimas no solo mejoran la eficiencia del vehículo, sino que también prolongan su vida útil y aseguran un funcionamiento fiable. Esto es particularmente crítico en climas cálidos y húmedos como el de la ciudad de Guayaquil, donde las condiciones extremas pueden acelerar el deterioro de las baterías.

En el contexto actual de creciente preocupación por el medio ambiente y la economía, la eficiencia energética se ha convertido en una prioridad tanto para los consumidores como para las empresas. La implementación de sistemas de refrigeración activa por líquido desempeña un papel esencial al mantener las baterías dentro de un rango de temperatura seguro, mejorando así el rendimiento y la durabilidad del vehículo eléctrico.

Este proyecto se justifica al abordar la falta de investigaciones específicas sobre la influencia de estos sistemas en la eficiencia y durabilidad de las baterías de vehículos eléctricos utilizados como taxis en climas cálidos como el de Guayaquil.

1.4.1 Relevancia de la Refrigeración Activa por líquido

La refrigeración activa por líquido es una tecnología crucial para mantener las baterías de los vehículos eléctricos a temperaturas óptimas durante su operación, lo cual es fundamental para la eficiencia y la seguridad del vehículo. Esta tecnología no solo mejora la eficiencia energética de las baterías, con un potencial de incremento del 20% en su rendimiento, sino que también prolonga su vida útil al reducir el estrés térmico, disminuyendo la necesidad de reemplazos frecuentes y los costos operativos asociados.

Un sistema de refrigeración eficiente contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, ayudando a combatir el cambio climático. Esto es especialmente relevante en entornos urbanos, donde la calidad del aire es una preocupación importante. Adicionalmente, aumenta la seguridad y confiabilidad del vehículo, previniendo fallos catastróficos causados por el sobrecalentamiento.

1.4.2 Justificación Teórica

La justificación teórica del proyecto "Incidencia del Sistema de Refrigeración Activa por Líquido en Vehículos Eléctricos Utilizados como Taxis en la Ciudad de Guayaquil" es fundamental para establecer la relevancia y la importancia del estudio. A continuación, se presenta una justificación teórica detallada para respaldar este proyecto:

Importancia de la Gestión Térmica en Baterías de Vehículos Eléctricos: La gestión adecuada de la temperatura de las baterías es esencial para mantener la eficiencia y la durabilidad de los vehículos eléctricos. Según Pinto (2023) y Calleja González (2023), un control térmico óptimo ayuda a prevenir el sobrecalentamiento, que puede provocar fallos prematuros y una reducción significativa en la capacidad de almacenamiento de las baterías. Mantener las baterías en un rango de temperatura seguro es especialmente crítico en climas cálidos y húmedos como el de Guayaquil.

Impacto en la Eficiencia y Durabilidad: Estudios previos han demostrado que las altas temperaturas pueden reducir la vida útil de las baterías hasta en un 50% y su capacidad de almacenamiento en un 30% (Acosta R & Toapanta, 2021). La refrigeración activa por líquido mejora significativamente la eficiencia energética de las baterías, aumentando su durabilidad y, por ende, la autonomía de los vehículos eléctricos. Este aspecto es vital para los taxis eléctricos, que operan bajo condiciones de uso intensivo.

Relevancia de la Refrigeración Activa por Líquido: La tecnología de refrigeración activa por líquido permite un control preciso de la temperatura de las baterías.

Este sistema es capaz de absorber y disipar el calor de manera eficiente, asegurando que las baterías operen dentro de un rango de temperatura óptimo. Pinto (2023) destaca que esta tecnología es crucial para mantener el rendimiento y la seguridad de los vehículos eléctricos, especialmente en condiciones climáticas adversas.

En la presente investigación se fundamenta en el orden teórico la importancia de la Refrigeración Activa por líquido en los vehículos eléctricos BYD utilizados como taxi en la ciudad de Guayaquil

1.4.3 Justificación Metodológica

La presente investigación se fundamenta en un enfoque riguroso y sistemático para analizar las características y comportamiento de los refrigerantes en las baterías de vehículos eléctricos. Esto incluye la recopilación de datos sobre las propiedades mecánicas de los refrigerantes y su impacto en la gestión térmica de las baterías mediante evaluaciones de campo. Se propone un análisis comparativo de distintos refrigerantes, evaluando ventajas, desventajas y efectos en la eficiencia energética y duración de las baterías a través de la revisión de literatura científica y estudios previos.

1.4.4 Justificación Práctica

En la presente investigación se justifican las vías para optimizar la gestión térmica de las baterías de vehículos eléctricos usados como taxis para mejorar su autonomía, vida útil y rendimiento, beneficiando a usuarios y al medio ambiente.

La información derivada de dicha investigación puede propiciar en los talleres electromecánicos de la ciudad de Guayaquil, un mejor entendimiento de las características e importancia del sistema de refrigeración activa por líquido, en vehículos eléctricos similares a los de marca BYD, utilizados como taxi.

1.4.5 Delimitación

El proyecto investigativo comenzará el 20 de mayo y se extenderá hasta el 8 de septiembre de 2024, abarcando un total de 16 semanas. El trabajo se desarrolla en la ciudad de Guayaquil. Este proyecto se lleva a cabo en un entorno urbano, focalizándose en vehículos eléctricos BYD.

Esta investigación se delimita a analizar las propiedades térmicas y mecánicas de los refrigerantes en baterías de taxis eléctricos, su impacto en eficiencia y durabilidad, y a comparar sistemas de refrigeración activa y pasiva.

Cada capítulo se centra en un objetivo específico:

- Evaluar el impacto del sistema de refrigeración activa por líquido en la temperatura de operación de la batería en condiciones climáticas típicas de Guayaquil durante períodos prolongados.
- Comparar el rendimiento de una batería con sistema de refrigeración activa por líquido frente a una batería sin este sistema en términos de capacidad de almacenamiento y retención de carga bajo condiciones de alta temperatura y humedad.
- Analizar la influencia de la refrigeración activa por líquido en la vida útil de la batería al reducir el estrés térmico y mejorar las condiciones de funcionamiento en ambientes cálidos y húmedos.

Capítulo II

Marco Referencial

2.1 Marco Teórico

La refrigeración activa por líquido en vehículos eléctricos es crucial para la gestión térmica de las baterías, especialmente en climas cálidos y húmedos como el de Guayaquil. Este sistema permite mantener las baterías a una temperatura óptima, mejorando su eficiencia y durabilidad. Según Pinto (2023), la refrigeración líquida evita el sobrecalentamiento y extiende la vida útil de las baterías, mientras que Calleja González (2023), destaca su importancia para aumentar la autonomía del vehículo.

Estos sistemas no solo previenen fallos prematuros, sino que también optimizan el rendimiento energético, asegurando una operación más fiable y sostenible de los taxis eléctricos en entornos urbanos. En ese sentido, En el contexto de la mejora de los materiales utilizados en la industria automotriz, Berrezueta y Torres (2017) investigan la aplicación de polipropileno reforzado con fibra natural para la fabricación de paneles internos de las puertas de un automóvil.

Este enfoque no solo busca mejorar las propiedades mecánicas y de resistencia de los paneles, sino también contribuir a la sostenibilidad ambiental mediante el uso de fibras naturales, que son biodegradables y renovables. La adopción de materiales compuestos de este tipo permite una reducción significativa en el peso del vehículo, lo que a su vez puede mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones de gases contaminantes (Gutiérrez & Baeza, 2020).

En el contexto de un taxi eléctrico, una batería sobrecalentada no solo reduce la autonomía del vehículo, sino que también incrementa la frecuencia de recargas, disminuyendo la productividad y aumentando los costos operativos. La implementación de un sistema de refrigeración eficiente puede influir considerablemente en el rendimiento y la vida útil de las

baterías de los vehículos eléctricos (Antonio C, 2015).

Mantener la batería a una temperatura óptima mediante un buen sistema de refrigeración puede mejorar la eficiencia energética, extender la duración de la batería y aumentar la autonomía del vehículo. Un estudio de la Agencia Internacional de Energía (AIE) destaca que un adecuado sistema de refrigeración puede aumentar la eficiencia de las baterías en un 15-20% y extender su vida útil en un 25% (Antonio C, 2015).

La eficiencia en la gestión térmica de las baterías es esencial para maximizar el rendimiento y la rentabilidad de los taxis eléctricos en Guayaquil. Un sistema de refrigeración eficiente puede reducir la necesidad de recargas frecuentes, aumentando así la productividad del vehículo. Además, al minimizar los costos operativos asociados con el mantenimiento y la sustitución de baterías, se puede mejorar significativamente la rentabilidad de la flota de taxis eléctricos.

Según un informe de BloombergNEF, los costos de mantenimiento de un vehículo eléctrico pueden ser hasta un 35% menores en comparación con los vehículos de combustión interna, principalmente debido a la menor necesidad de mantenimiento del sistema de baterías cuando se gestiona adecuadamente la temperatura (Boutassghount El Boussmaki, 2023).

A pesar de los avances en la tecnología de refrigeración, existe una laguna en la literatura científica y técnica respecto a cómo estos sistemas específicos afectan el rendimiento y la durabilidad de las baterías en vehículos eléctricos utilizados como taxis en condiciones climáticas extremas (Benveniste, 2021). Es importante la realización de investigaciones científicas que evalúen la efectividad de los sistemas de refrigeración activa por líquido en la gestión térmica de las baterías y su impacto en la eficiencia operativa de los taxis eléctricos en Guayaquil.

Estos avances en materiales compuestos tienen una relevancia directa en el desarrollo

de vehículos eléctricos, donde la reducción de peso es crucial para maximizar la autonomía y eficiencia del sistema de propulsión (Berrezueta & Torres, 2017). En relación con la incidencia del sistema de refrigeración activa por líquido en vehículos eléctricos utilizados como taxis en Guayaquil, la implementación de materiales livianos y sostenibles como el polipropileno reforzado puede optimizar el rendimiento térmico y energético, demostrando un enfoque holístico hacia la innovación en movilidad sostenible.

2.2 Tecnologías de Refrigeración de Baterías

Las tecnologías de refrigeración son esenciales para la gestión térmica de las baterías en los vehículos eléctricos. Existen varios métodos de refrigeración, cada uno con sus ventajas y desventajas, y la elección del método adecuado depende de factores como el clima, las condiciones de operación del vehículo y los costos asociados (Muñoz, 2019).

El sistema de refrigeración activa por líquido es capaz de absorber y disipar el calor de manera efectiva, manteniendo las baterías dentro de un rango de temperatura seguro incluso en condiciones climáticas extremas. Según (Ortega Aguado, 2021) las altas temperaturas pueden reducir la vida útil de las baterías hasta en un 50% y su capacidad de almacenamiento en un 30%. Además, el sobrecalentamiento frecuente puede provocar fallos prematuros en las baterías, aumentando los costos de mantenimiento y operación de los vehículos eléctricos (Maila J, 2021).

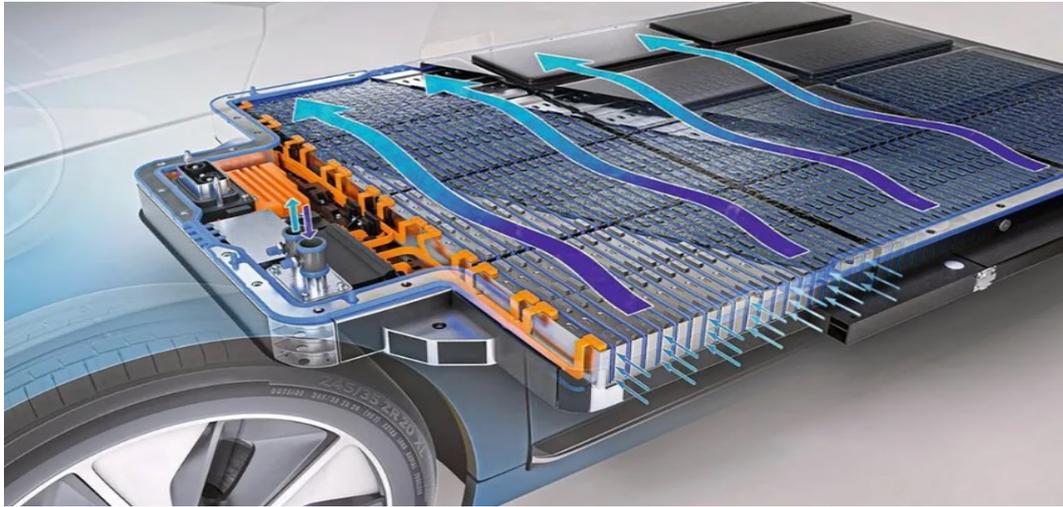
En la (Figura 1) muestra un sistema avanzado de refrigeración activa por líquido diseñado para gestionar la temperatura de las baterías en vehículos eléctricos. Este tipo de sistema es crucial para mantener las baterías dentro de un rango de temperatura óptimo, especialmente en climas cálidos y durante operaciones de alta demanda, como las que enfrentan los taxis eléctricos en la ciudad de Guayaquil.

Se observa cómo el sistema de refrigeración está integrado directamente en el conjunto de la batería, con conductos que permiten la circulación de un líquido refrigerante. Este líquido

absorbe el calor generado por las celdas de la batería y lo disipa eficientemente, asegurando que la temperatura se mantenga constante y evitando el sobrecalentamiento.

Figura 1.

Mejora del Consumo de Combustible Usando TPMS



Tomado de: Romero, F. (2023).

Refrigeración Pasiva: La refrigeración pasiva es el método más simple y económico, que depende de la conductividad térmica de los materiales y el diseño estructural para disipar el calor generado por la batería. Este método utiliza materiales con alta conductividad térmica, como aluminio, y diseños que favorecen la disipación natural del calor (Escudier, 2019).

Aunque es una solución de bajo costo y fácil de mantener, su eficacia es limitada, especialmente en climas cálidos o bajo condiciones de alta demanda energética, donde el calor generado puede superar la capacidad de disipación del sistema pasivo. Esto puede llevar a un sobrecalentamiento de la batería, afectando su rendimiento y vida útil (Borrell, 2012).

Refrigeración Activa por Aire: La refrigeración activa por aire mejora la gestión térmica mediante el uso de ventiladores o sopladores que forzan el aire a través del paquete de baterías. Este sistema es más efectivo que la refrigeración pasiva, ya que aumenta la capacidad de disipación de calor mediante la circulación forzada de aire fresco.

Sin embargo, en climas cálidos como el de Guayaquil, este método puede no ser suficiente para mantener las baterías en un rango de temperatura seguro, ya que el aire ambiente

ya está caliente y no puede absorber suficiente calor para enfriar eficazmente las baterías. Además, la efectividad de este sistema puede disminuir con el tiempo debido a la acumulación de polvo o la falla de los componentes mecánicos como los ventiladores (Duarte, 2020).

Refrigeración Activa por Líquido: La refrigeración activa por líquido es la opción más avanzada y eficiente para la gestión térmica de las baterías de vehículos eléctricos. Este sistema utiliza un fluido refrigerante, generalmente una mezcla de agua y glicol, que circula alrededor de las baterías para absorber y disipar el calor generado durante su operación. La capacidad del líquido para transferir calor es significativamente mayor que la del aire, lo que permite mantener las baterías a una temperatura adecuada incluso en condiciones de operación exigentes, como largas jornadas de trabajo o climas extremadamente cálidos (Bermeo, 2021).

Aunque este sistema es más complejo y costoso de implementar y mantener, ofrece ventajas sustanciales en términos de eficiencia térmica, durabilidad de la batería, y seguridad operativa. El sistema incluye componentes como bombas, intercambiadores de calor, y sensores de temperatura que permiten un control preciso y una regulación dinámica de la temperatura de la batería (Bermeo, 2021).

2.2.1 Importancia de la Gestión Térmica en Vehículos Eléctricos

La gestión térmica eficiente es crucial para el rendimiento y la vida útil de las baterías en los vehículos eléctricos. Las baterías de iones de litio, que son las más comunes en estos vehículos, son particularmente sensibles a las fluctuaciones de temperatura.

En climas cálidos y húmedos como el de Guayaquil, las altas temperaturas ambientales pueden causar el sobrecalentamiento de las baterías, lo que afecta negativamente su capacidad de almacenamiento y eficiencia energética (Nicolau, 2024).

El sobrecalentamiento no solo reduce la capacidad de la batería para almacenar y entregar energía, sino que también puede provocar fallos prematuros, disminuyendo significativamente la autonomía del vehículo eléctrico (Llorente A, 2021). Mantener las

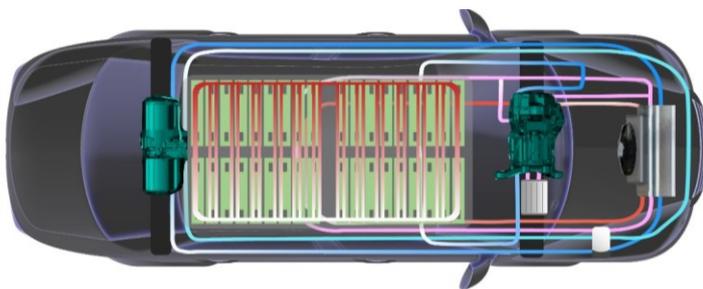
baterías dentro de un rango térmico óptimo es esencial para prevenir la degradación prematura y asegurar una operación eficiente.

La exposición continua a altas temperaturas acelera la degradación de los materiales internos de la batería, lo que puede llevar a una pérdida irreversible de capacidad y rendimiento. Además, las temperaturas elevadas pueden aumentar el riesgo de reacciones químicas no deseadas dentro de la batería, incrementando la posibilidad de fallos catastróficos. Por lo tanto, una gestión térmica adecuada no solo mejora la eficiencia operativa del vehículo, sino que también es crucial para garantizar la seguridad y la longevidad de las baterías (Aranzabal, 2016).

En el caso de los taxis eléctricos que operan en Guayaquil, la necesidad de una gestión térmica eficiente es aún más apremiante. Estos vehículos están en uso continuo durante largas jornadas y bajo condiciones de uso intensivo, lo que eleva el riesgo de sobrecalentamiento. Implementar sistemas avanzados de refrigeración, como la refrigeración activa por líquido, puede ayudar a mantener las baterías a una temperatura segura y óptima, mejorando su rendimiento y prolongando su vida útil (de El Palmar, 2023).

Figura 2.

Sistema de refrigeración por líquido de las baterías eléctricas



Tomado de: Ortega, I. (2022).

Esto no solo maximiza la autonomía y eficiencia de los taxis eléctricos, sino que también reduce los costos operativos al disminuir la frecuencia de reemplazo de baterías y la necesidad de paradas frecuentes para recargar.

2.2.2 Estudios Previos y Literatura Científica

La revisión de estudios previos muestra que la refrigeración activa por líquido es efectiva para mejorar la gestión térmica de las baterías de vehículos eléctricos. Diversas investigaciones han abordado este tema, proporcionando evidencia sólida sobre los beneficios de esta tecnología. Gómez, (2023) realizó un estudio exhaustivo sobre la eficiencia de diferentes sistemas de refrigeración en VE, concluyendo que la refrigeración activa por líquido es superior en términos de capacidad para disipar el calor generado durante el funcionamiento del vehículo.

Además, Rovira, (2020) destacó la importancia de la refrigeración activa por líquido para mejorar la autonomía de los vehículos eléctricos. Su investigación mostró que los vehículos eléctricos equipados con este sistema podían mantener una temperatura más constante y baja en sus baterías, lo que resultaba en una mayor eficiencia energética y, por ende, una mayor autonomía.

Calleja González también señaló que este tipo de refrigeración es especialmente beneficioso en climas cálidos, donde las altas temperaturas pueden afectar severamente la capacidad de las baterías. Su estudio incluyó pruebas en condiciones climáticas simuladas que reflejaban las temperaturas extremas de ciudades como Guayaquil, demostrando que los vehículos con refrigeración activa por líquido tenían una autonomía significativamente mayor en comparación con aquellos que utilizaban sistemas de refrigeración pasiva o activa por aire (Rovira R, 2020).

Sanjurjo (2020) también subrayan la necesidad de una gestión térmica adecuada para el funcionamiento sostenible de los taxis eléctricos en climas cálidos y húmedos. Su investigación se centró en el impacto de las temperaturas ambientales elevadas en la durabilidad y eficiencia de las baterías de VE. Concluyeron que, sin un sistema de refrigeración eficiente, las baterías

de los taxis eléctricos experimentan una degradación acelerada, reduciendo su vida útil y aumentando los costos operativos.

También Sanjurjo enfatizó que la implementación de sistemas de refrigeración activa por líquido es crucial para mantener la estabilidad térmica de las baterías, asegurando así una operación fiable y prolongada de los taxis eléctricos en ciudades como Guayaquil. Su estudio también sugirió que los beneficios a largo plazo de este sistema justifican su mayor costo inicial y complejidad de mantenimiento.

2.3 Marco Conceptual

2.3.1 Vehículos Eléctricos

Los vehículos eléctricos son una alternativa sostenible a los automóviles convencionales, contribuyendo significativamente a la reducción de emisiones contaminantes y a la disminución de la dependencia de combustibles fósiles. A diferencia de los vehículos de combustión interna, los vehículos eléctricos no emiten gases de efecto invernadero ni otros contaminantes atmosféricos como óxidos de nitrógeno y partículas finas durante su operación, lo que los convierte en una opción más limpia y ecológica. Esta característica es especialmente relevante en las ciudades, donde la calidad del aire es un problema crítico debido a la alta concentración de vehículos y a la actividad industrial (Borrell, 2012).

Además, la transición hacia VE ayuda a diversificar las fuentes de energía utilizadas en el transporte, reduciendo la vulnerabilidad económica frente a las fluctuaciones del precio del petróleo y contribuyendo a una mayor seguridad energética.

En el contexto de Guayaquil, el uso de vehículos eléctricos como taxis presenta una solución viable y efectiva para disminuir la contaminación urbana. Guayaquil, como muchas otras grandes ciudades, enfrenta desafíos ambientales significativos debido a la elevada densidad de tráfico y las emisiones de los vehículos convencionales. La implementación de

una flota de taxis eléctricos puede tener un impacto considerable en la mejora de la calidad del aire, reduciendo las emisiones de CO₂ y otros contaminantes (Pinto & Pérez, 2023).

Los taxis eléctricos, al operar en rutas urbanas con frecuencias de parada y arranque frecuentes, se benefician de las ventajas inherentes de los VE, como la regeneración de energía durante el frenado y la mayor eficiencia en el uso de energía en comparación con los motores de combustión interna. Este cambio no solo promueve una movilidad más sostenible, sino que también puede servir como modelo para otras ciudades en la región, demostrando los beneficios económicos y ambientales de adoptar tecnologías de transporte más limpias (Pinto & Pérez, 2023).

2.3.2 Gestión Térmica de Baterías

La gestión térmica adecuada es esencial para mantener la eficiencia y durabilidad de las baterías. Las baterías de iones de litio, que son comúnmente utilizadas en vehículos eléctricos, son particularmente sensibles a las variaciones de temperatura. Una temperatura excesivamente alta puede acelerar la degradación de la batería, reduciendo su capacidad de almacenamiento y eficiencia energética (Triana, 2019).

Por otro lado, temperaturas demasiado bajas pueden afectar negativamente el rendimiento de la batería, disminuyendo su capacidad para entregar energía de manera eficiente. Mantener las baterías dentro de un rango térmico óptimo es crucial para asegurar que funcionen de manera efectiva y con una vida útil prolongada (Borrell, 2012).

La implementación de sistemas avanzados de refrigeración puede ayudar significativamente a mantener las baterías a una temperatura óptima. Los sistemas de refrigeración activa por líquido, en particular, han demostrado ser muy eficaces en este aspecto. Estos sistemas utilizan un fluido refrigerante que circula alrededor de las celdas de la batería, absorbiendo y disipando el calor de manera eficiente. Esto no solo mejora el rendimiento de la

batería, permitiendo que opere a su máxima capacidad, sino que también prolonga su vida útil al reducir el estrés térmico (Calleja, 2023).

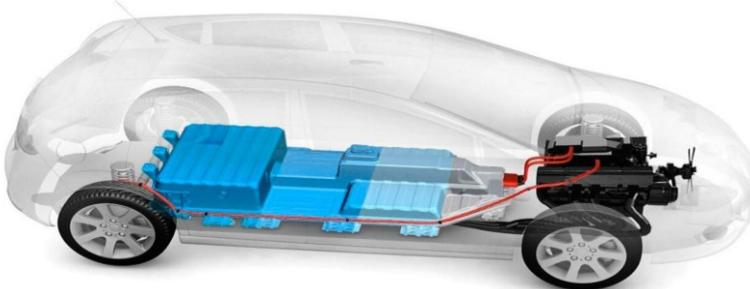
2.3.3 *Sistemas de Refrigeración*

Refrigeración Pasiva: La refrigeración pasiva es un método simple y económico que utiliza materiales y diseños estructurales para disipar el calor generado por las baterías sin la necesidad de componentes mecánicos adicionales. Este método depende de la conducción y convección natural del calor, utilizando disipadores de calor y ventilación natural para mantener la temperatura de la batería (Guzman, 2020).

Sin embargo, su eficacia es limitada, especialmente en condiciones de alta temperatura y cargas de trabajo intensivas, donde la capacidad de disipar calor de manera pasiva no es suficiente para evitar el sobrecalentamiento. En climas cálidos como el de Guayaquil, la refrigeración pasiva puede no ser adecuada para mantener las baterías a una temperatura óptima, lo que podría afectar negativamente su rendimiento y vida útil (Palacios, 2021).

Figura 3.

Refrigeración Pasiva



Tomado de: Eléctrico de coche (2020)

Figura 4.

Refrigeración Activa por Aire



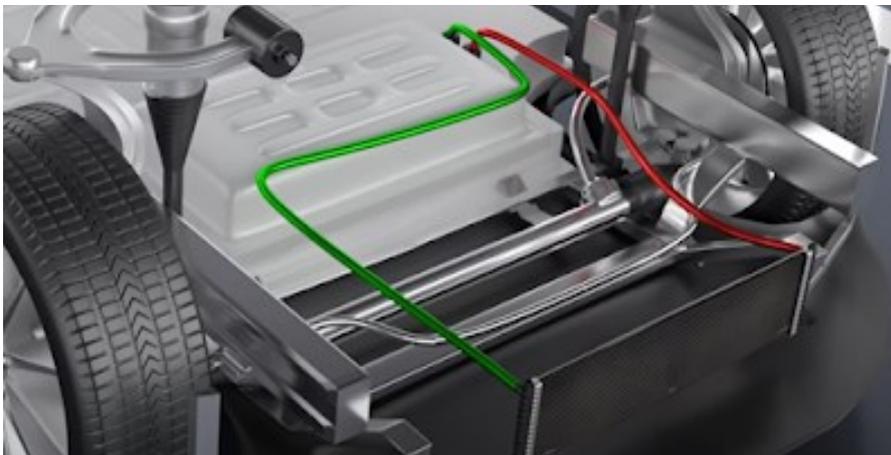
Tomado de: Alonso, D. (2021).

Refrigeración Activa por Aire: Este sistema mejora la eficiencia térmica en comparación con la refrigeración pasiva al utilizar ventiladores o sopladores para forzar el aire a través del paquete de baterías. La circulación forzada de aire aumenta la capacidad de disipación de calor, ayudando a mantener las baterías en un rango de temperatura más controlado. Aunque es más efectivo que la refrigeración pasiva, la refrigeración activa por aire puede enfrentar limitaciones en climas cálidos. (Acosta R & Toapanta, 2021).

Refrigeración Activa por Líquido: Este método ofrece la mayor eficiencia térmica, utilizando un fluido refrigerante que circula alrededor de las celdas de la batería para absorber y disipar el calor. La alta capacidad de transferencia térmica del líquido permite mantener la batería en un rango de temperatura seguro y óptimo incluso bajo condiciones de alta carga y temperaturas extremas. (Paz Ch, 2023)

Figura 5.

Refrigeración Por Líquido



Tomado de: Alonso, D. (2021).

Componentes Clave del Sistema de Refrigeración: Puntos esenciales del sistema en mención:

Conductos de Refrigeración: Los conductos azules indican el flujo del líquido refrigerante a través del sistema. Estos conductos están estratégicamente ubicados para

maximizar el contacto con las celdas de la batería y garantizar una transferencia de calor eficiente.

Disipadores de Calor: Las áreas con aletas de refrigeración están diseñadas para aumentar la superficie de disipación del calor. Esto permite que el calor se transfiera más rápidamente del líquido refrigerante al ambiente exterior, manteniendo las baterías a una temperatura segura (Ramírez, 2023).

Sistema de Bombeo: La presencia de un sistema de bombeo asegura la circulación continua del líquido refrigerante. Este sistema es esencial para mantener un flujo constante y evitar puntos calientes dentro del conjunto de la batería.

Sensores de Temperatura: Integrados en el sistema, estos sensores monitorean continuamente la temperatura de las celdas de la batería. Los datos recogidos permiten ajustar el flujo del refrigerante en tiempo real, optimizando la eficiencia del sistema de refrigeración.

Figura 6.

Sistemas Activos Para la Refrigeración de la Batería



- (1) Grupo de ventilación de calefacción y de climatización (incluye la trampilla de distribución zona pies/batería de tracción)
- (2) Conductos de refrigeración (piso del vehículo).
- (3) Canalización de refrigeración (batería de tracción).
- (4) Batería de tracción.
- (5) Impulsor de refrigeración de la batería de tracción.

Tomado de: Rodríguez, J. (2022).

Figura 7.

IBS Sensor Inteligente Batería



Tomado de : IBS, (2020).

2.3.4 Impacto de la Refrigeración en la Vida Útil de las Baterías

Un sistema de refrigeración eficiente puede extender significativamente la vida útil de las baterías de los vehículos eléctricos. Las baterías de iones de litio, que son comúnmente utilizadas en estos vehículos, son sensibles a las variaciones de temperatura. El sobrecalentamiento puede acelerar la degradación de los materiales internos de la batería, lo que resulta en una pérdida de capacidad y eficiencia a lo largo del tiempo (Vélez, 2024).

Al mantener la batería a una temperatura óptima, se minimiza el estrés térmico, preservando así su integridad estructural y química. Esto no solo prolonga la vida útil de la batería, sino que también asegura un rendimiento constante y fiable a lo largo de su ciclo de vida. La refrigeración activa por líquido es particularmente eficaz en la reducción del estrés térmico y en la mejora de las condiciones de funcionamiento de las baterías. Este sistema utiliza un fluido refrigerante que circula alrededor de las celdas de la batería, absorbiendo y disipando el calor de manera eficiente (Vélez, 2024).

La alta capacidad de transferencia térmica del líquido permite mantener las baterías dentro de un rango de temperatura seguro, incluso durante condiciones de alta carga y temperaturas ambientales elevadas. Al reducir el riesgo de sobrecalentamiento, la refrigeración

activa por líquido no solo mejora la durabilidad de las baterías, sino que también optimiza su rendimiento.

2.4 Análisis Comparativo

2.4.1 Refrigeración Pasiva vs. Activa por Aire vs. Activa por Líquido

Costo de Implementación: En términos de costo de implementación, la refrigeración pasiva es la opción más económica. Este método utiliza materiales y diseños estructurales que permiten la disipación natural del calor sin necesidad de componentes mecánicos adicionales. Su simplicidad constructiva y la ausencia de partes móviles resultan en costos iniciales significativamente menores.

La refrigeración activa por aire, aunque más efectiva en la gestión térmica, implica un aumento en los costos debido a la inclusión de ventiladores o sopladores y el sistema de control asociado. Estos componentes adicionales requieren una inversión inicial mayor en comparación con la refrigeración pasiva. Finalmente, la refrigeración activa por líquido es la opción más costosa de implementar. Este sistema requiere una infraestructura más compleja que incluye bombas, tuberías, intercambiadores de calor y un fluido refrigerante especializado, lo que incrementa significativamente los costos de instalación y equipo (Moya M, 2020).

Eficiencia Térmica: La eficiencia térmica es un factor crítico en la gestión de la temperatura de las baterías. La refrigeración activa por líquido se destaca como la más eficiente en este aspecto. Utilizando un fluido refrigerante que circula alrededor de las celdas de la batería, este sistema tiene una alta capacidad para absorber y disipar el calor generado durante el funcionamiento del vehículo (Yana & Miranda, 2024).

Esto permite mantener la batería dentro de un rango de temperatura óptimo incluso en condiciones de alta carga y temperaturas ambientales elevadas. La refrigeración activa por aire, aunque más eficiente que la pasiva, tiene limitaciones en climas cálidos, ya que el aire puede no ser suficientemente frío para disipar el calor de manera efectiva. (Yana & Miranda, 2024).

En comparación, la refrigeración pasiva, que depende de la conducción y convección natural del calor, ofrece la menor eficiencia térmica, siendo menos efectiva en prevenir el sobrecalentamiento en condiciones de alta demanda.

Mantenimiento: La refrigeración pasiva requiere menos mantenimiento debido a su simplicidad. Al no tener componentes mecánicos adicionales, como ventiladores o bombas, el sistema tiene menos puntos de falla y no necesita un mantenimiento regular complejo. Esta característica hace que la refrigeración pasiva sea atractiva para aplicaciones donde la simplicidad y el bajo costo de mantenimiento son prioritarios (Trujillo, 2023).

Por otro lado, la refrigeración activa por aire, aunque más eficiente térmicamente, requiere mantenimiento periódico de sus componentes mecánicos, como los ventiladores, para asegurar su correcto funcionamiento y evitar fallos. (Velásquez L, 2015).

La refrigeración activa por líquido, aunque ofrece la mayor eficiencia térmica, también implica el mantenimiento más complejo. Este sistema necesita revisiones regulares del fluido refrigerante, inspecciones y reemplazos de las bombas y tuberías, y la limpieza de los intercambiadores de calor para asegurar una operación óptima. Aunque estos requisitos de mantenimiento aumentan los costos operativos, el beneficio en términos de rendimiento y durabilidad de las baterías justifica esta inversión en aplicaciones de alta demanda (Garijo, 2019).

2.4.2 Ventajas de la Refrigeración Activa por Líquido

La refrigeración activa por líquido ofrece múltiples ventajas, siendo una de las más destacadas su eficiencia térmica. Este sistema tiene una capacidad superior de absorción y disipación de calor en comparación con otros métodos, como la refrigeración pasiva o activa por aire.

El fluido refrigerante, generalmente una mezcla de agua y glicol circula alrededor de las celdas de la batería, absorbiendo rápidamente el calor generado durante la carga y descarga.

Esta alta capacidad de transferencia térmica permite mantener las baterías a una temperatura óptima, incluso en condiciones de operación exigentes y climas cálidos como el de Guayaquil. (Trashorras Montecelos, 2019).

Otra ventaja significativa es la mejora de la durabilidad de las baterías. Al reducir el estrés térmico, el sistema de refrigeración activa por líquido ayuda a minimizar la degradación de los materiales internos de la batería. Las altas temperaturas pueden acelerar las reacciones químicas no deseadas y la degradación de los electrolitos, lo que reduce la vida útil de la batería. Al mantener las baterías a una temperatura más baja y estable, se disminuye el desgaste y se prolonga su durabilidad (Candia, 2022).

Esto es especialmente importante para los taxis eléctricos que operan durante largas jornadas y bajo condiciones de uso intensivo, ya que una mayor durabilidad de las baterías se traduce en menores costos de reemplazo y mantenimiento a largo plazo (Candia, 2022). Al mantener una temperatura uniforme en las baterías, se mejora la eficiencia y autonomía del vehículo eléctrico. Las variaciones de temperatura pueden afectar la capacidad de la batería para almacenar y entregar energía de manera eficiente, lo que impacta negativamente en la autonomía del vehículo.

Con un sistema de refrigeración efectiva, las baterías pueden operar a su máxima capacidad, asegurando un rendimiento constante y fiable. significativamente a lo largo del día debido al tráfico y las condiciones climáticas. Al mantener una temperatura óptima, los taxis eléctricos pueden ofrecer un servicio más fiable y eficiente, beneficiando tanto a los conductores como a los pasajeros (Vicente, 2024).

La refrigeración activa por líquido ofrece múltiples ventajas:

Eficiencia Térmica: Mayor capacidad de absorción y disipación de calor en comparación con otros métodos.

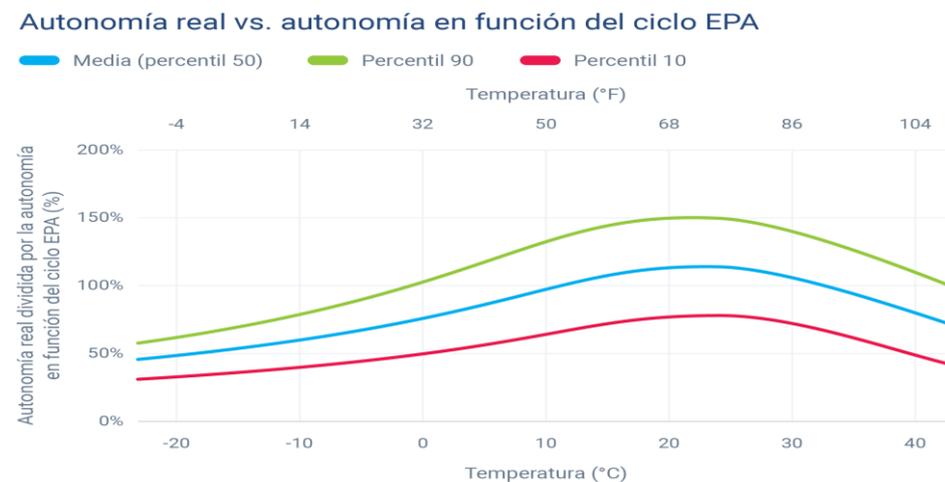
Mejora de la Durabilidad: Al reducir el estrés térmico, se prolonga la vida útil de las baterías.

Rendimiento Consistente: Mantiene una temperatura uniforme, mejorando la eficiencia y autonomía del vehículo.

La (Figura 8) muestra la relación entre la autonomía real de un vehículo eléctrico y la autonomía proyectada según el ciclo de prueba de la EPA (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos) en función de la temperatura ambiente. Los datos están representados en tres percentiles: percentil 10 (línea roja), percentil 50 (línea azul) y percentil 90 (línea verde), indicando la variabilidad de la autonomía en diferentes condiciones.

Figura 8.

La autonomía del vehículo eléctrico



Tomado de Fuente: Argue, (2020).

A medida que la temperatura aumenta desde -20°C hasta aproximadamente 20°C , la autonomía real mejora significativamente, alcanzando su punto máximo cerca de los 20°C .

Más allá de esta temperatura, la autonomía empieza a decrecer, lo que sugiere que tanto temperaturas extremadamente bajas como altas son desfavorables para el rendimiento de las baterías. El percentil 90 muestra la mejor autonomía, seguida del percentil 50 y el percentil 10, reflejando una mayor eficiencia y capacidad de retención de carga en condiciones óptimas.

Esta tendencia destaca la importancia de un sistema de refrigeración eficiente que pueda mantener las baterías dentro de un rango de temperatura óptimo, especialmente en climas cálidos como el de Guayaquil, para maximizar la autonomía y eficiencia de los vehículos eléctricos.

Capítulo III

Influencia del Sistema de Refrigeración Activa por Líquido en la Vida Útil de las Baterías de Vehículos Eléctricos Utilizados como Taxis en Guayaquil

El objetivo específico de este capítulo es analizar en profundidad la influencia de la refrigeración activa por líquido en la vida útil de las baterías de los vehículos eléctricos utilizados como taxis en Guayaquil. Se busca entender cómo este sistema de refrigeración puede reducir el estrés térmico al que están sometidas las baterías, especialmente en un entorno con condiciones climáticas adversas como las altas temperaturas y alta humedad características de Guayaquil.

Mantener las baterías a una temperatura óptima es esencial para prevenir el sobrecalentamiento, que es una de las principales causas de degradación acelerada y pérdida de eficiencia de las baterías. Por lo tanto, un análisis detallado de cómo la refrigeración activa por líquido puede influir en la estabilidad térmica y el rendimiento de las baterías proporcionará información valiosa para la mejora de la tecnología de vehículos eléctricos en climas cálidos y húmedos.

3.1 Efectos de la Refrigeración Activa por Líquido en la Temperatura de las Baterías

El principal objetivo de un sistema de refrigeración activa por líquido es mantener la temperatura de las baterías dentro de un rango óptimo, especialmente en climas cálidos y húmedos como el de Guayaquil. Mantener una temperatura adecuada es crucial para prevenir el sobrecalentamiento, que puede reducir la capacidad de las baterías y su vida útil.

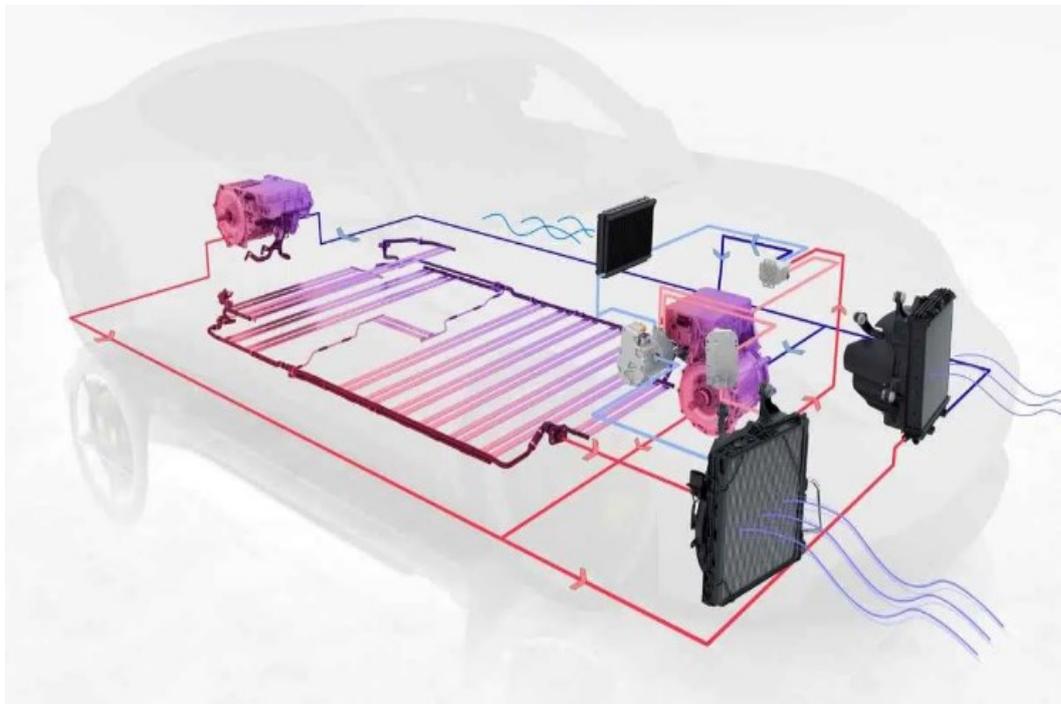
Absorción y Disipación de Calor: La refrigeración activa por líquido utiliza un fluido refrigerante que circula alrededor de las celdas de la batería, absorbiendo el calor generado durante su operación y disipándolo de manera eficiente. Esto asegura que las baterías se mantengan a una temperatura constante y segura. El fluido refrigerante, generalmente una

mezcla de agua y glicol posee una alta capacidad de transferencia térmica, lo que permite una disipación rápida y efectiva del calor.

En la (Figura 9) ilustra el sistema de disipación de calor en las baterías eléctricas de un vehículo, mostrando cómo se integra el sistema de refrigeración activa por líquido. Este diagrama destaca los componentes esenciales, como los conductos de refrigeración, la bomba de líquido refrigerante y los disipadores de calor, que trabajan juntos para mantener las baterías en un rango de temperatura óptimo

Figura 9.

Disipación de calor en las baterías eléctricas



Tomado de: González, (2022).

Control de Temperatura en Climas Extremos: En condiciones climáticas extremas, como las de Guayaquil, las altas temperaturas pueden acelerar la degradación de las baterías. La refrigeración activa por líquido permite un control preciso de la temperatura, reduciendo el estrés térmico y mejorando la durabilidad de las baterías.

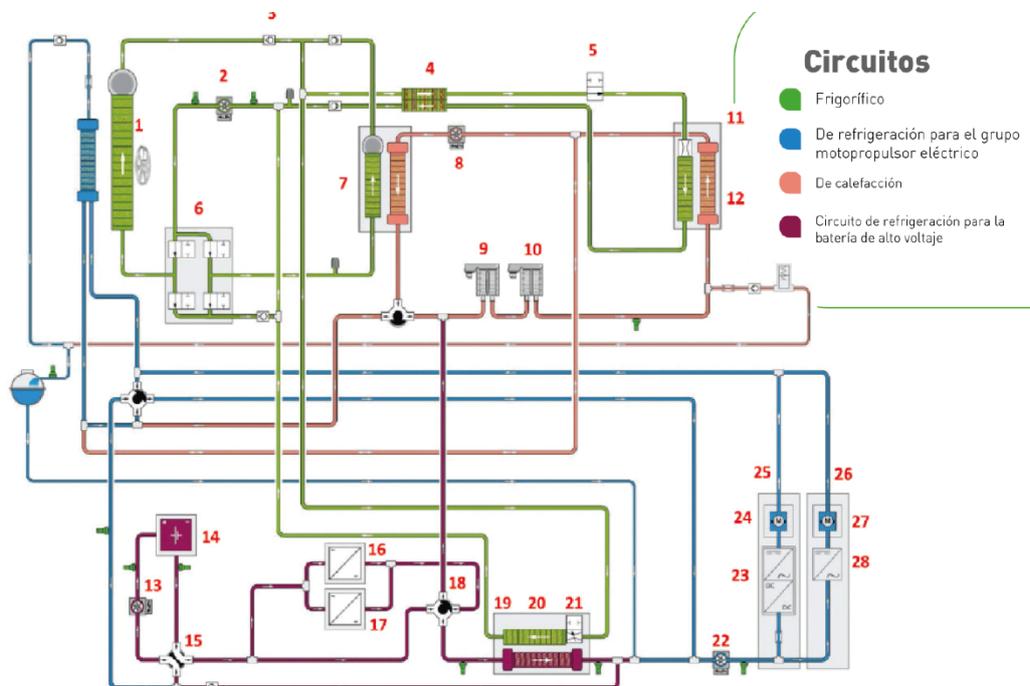
Estudios han mostrado que temperaturas superiores a los 30°C pueden reducir la vida

útil de las baterías hasta en un 50%, lo que resalta la importancia de un sistema de refrigeración efectivo.

En la (Figura 10) muestra un detallado circuito para la refrigeración de la batería en un vehículo eléctrico. Este esquema identifica los componentes clave del sistema de refrigeración, incluyendo el condensador, la bomba de líquido refrigerante, y las válvulas de expansión, que son esenciales para mantener la temperatura de la batería dentro de los niveles óptimos.

Figura 10.

Circuito para le refrigeración de la batería



- | | | | | |
|---|--|--|--|--|
| 1 Condensador | 8 Bomba de líquido refrigerante | 15 Válvula de conmutación para líquido refrigerante | 21 Válvula de expansión para agente frigorífico | 27 Motor de propulsión eléctrica en el eje trasero |
| 2 Compresor | 9 Calefacción de alto voltaje (PTC) | 16 Cargador 1 para batería de alto voltaje | 22 Bomba del líquido refrigerante para la gestión térmica | 28 Unidad de control para propulsión eléctrica en el eje trasero |
| 3 Válvula de retención en el circuito frigorífico | 10 Calefacción de alto voltaje 2 (PTC) | 17 Cargador 2 para batería de alto voltaje | 23 Unidad de control para propulsión eléctrica en el eje delantero | |
| 4 Intercambiador de calor interno | 11 Equipo de calefacción y climatización | 18 Válvula de conmutación para líquido refrigerante | 24 Motor de propulsión eléctrica en el eje delantero | |
| 5 Válvula de cierre del agente frigorífico hacia el equipo de calefacción y climatización | 12 Intercambiador de calor de la calefacción | 19 Intercambiador de calor para la batería de alto voltaje (chiller) | 25 Eje delantero | |
| 6 Bloque de válvulas | 13 Bomba de líquido refrigerante para la batería de alto voltaje | 20 Evaporador | 26 Eje trasero | |
| 7 Intercambiador de calor para el modo de bomba de calor con condensador (iCond) | 14 Batería de alto voltaje | | | |

Tomado de: Rodríguez, J. (2022).

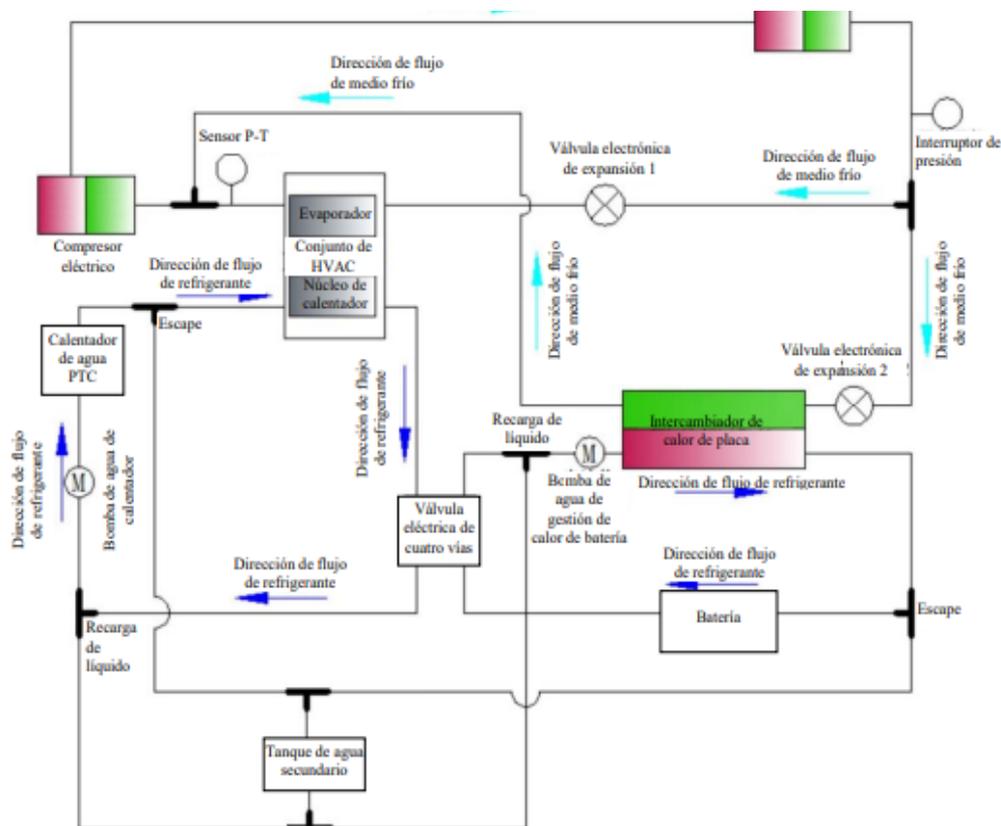
Por otro lado, en la figura 11 se puede encontrar un detalle más específico acerca de cómo opera la gestión térmica de la batería en este vehículo.

La gestión térmica de la batería en un BYD e5-400 garantiza que la batería se mantenga a la temperatura óptima de funcionamiento, adaptándose a diversas condiciones climáticas.

El sistema utiliza un flujo de refrigerante de 5 kW para mantener la temperatura de la batería en un rango seguro. Además, se controla mediante el protocolo CAN para evitar operaciones incorrectas que puedan dañar la batería. Las piezas eléctricas son resistentes al agua y se logra un control de temperatura preciso ($0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$). Este enfoque asegura un rendimiento estable y una mayor vida útil de la batería en condiciones extremas.

Figura 11.

Diagrama de bloques gestión térmica en la batería de un BYD e5 - 400



Tomado de: Rodríguez, J. (2022).

Tabla 1.*Componentes del Sistema de Refrigeración y Propulsión de un Vehículo Eléctrico*

Número	Componentes
1	Condensador
2	Compresor
3	Válvula de retención en el circuito frigorífico
4	Intercambiador de calor interno
5	Válvula de cierre del agente frigorífico hacia el equipo de calefacción y climatización
6	Bloque de válvulas
7	Intercambiador de calor para el modo de bomba de calor con condensador (iCond)
8	Bomba de líquido refrigerante
9	Calefacción de alto voltaje 1 (PTC1)
10	Calefacción de alto voltaje 2 (PTC2)
11	Equipo de calefacción y climatización
12	Intercambiador de calor de calefacción
13	Bomba de líquido refrigerante para la batería de alto voltaje
14	Batería de alto voltaje
15	Válvula de conmutación para líquido refrigerante
16	Cargador 1 para batería de alto voltaje
17	Cargador 2 para batería de alto voltaje
18	Válvula de conmutación para líquido refrigerante
19	Intercambiador de calor para la batería de alto voltaje (chiller)
20	Evaporador
21	Válvula de expansión para agente frigorífico
22	Bomba de líquido refrigerante para la gestión térmica
23	Unidad de control para propulsión eléctrica en el eje delantero
24	Motor de propulsión eléctrica en el eje delantero
25	Eje delantero
26	Eje trasero
27	Motor de propulsión eléctrica en el eje trasero

Tomado de: Boutassghount El Boussmaki (2023)

3.2 Comparación con Otros Métodos de Refrigeración

Existen diferentes métodos de refrigeración utilizados para gestionar la temperatura de las baterías en vehículos eléctricos, cada uno con sus propias ventajas y desventajas.

Tabla 2.*Comparación con el Tesla Model 3*

Característica	BYD e5-400	Tesla Model 3
Tipo de Refrigeración	Activa por líquido	Indirecta (activa por líquido)
Refrigerante Utilizado	ACDelco, 50% agua y 50% alcohol	Mezcla de glicol y agua
Rango de Temperatura Óptimo	29°C a 33°C	25°C a 30°C
Componentes del Sistema	Conductos de refrigeración, bomba de líquido refrigerante, sensores de temperatura	Conductos de refrigeración, bomba de líquido refrigerante, intercambiadores de calor, sensores de temperatura
Capacidad de Transferencia Térmica	Alta, debido a la composición del refrigerante	Alta, debido a la eficiencia del sistema de gestión térmica integrado
Eficiencia Energética	Mejora la eficiencia energética y prolonga la vida útil de la batería	Optimiza la eficiencia energética y mejora la autonomía del vehículo
Complejidad del Sistema	Moderada	Alta
Mantenimiento	Requiere mantenimiento regular del fluido y componentes del sistema	Mantenimiento regular del sistema, incluyendo revisión de fluido y componentes
Costo de Implementación	Moderado	Alto
Impacto en la Vida Útil de la Batería	Significativamente prolongada debido a la gestión térmica eficiente	Significativamente prolongada, optimizando la vida útil de las baterías
Adaptabilidad a Climas Cálidos	Alta, diseñado para mantener la eficiencia en climas cálidos	Alta, con un sistema robusto para gestionar altas temperaturas
Ventajas Adicionales	Menor frecuencia de recargas, reducción de costos operativos	Mayor autonomía, mayor eficiencia energética

Tomado de: (Lewis, 2024)

Refrigeración Pasiva: Utiliza materiales con alta conductividad térmica y diseños estructurales para disipar el calor sin componentes activos. Es simple y económico, pero menos efectivo en condiciones de alta carga y temperaturas extremas. Este método depende de la conducción y convección natural del calor, lo que puede no ser suficiente en climas cálidos como el de Guayaquil

Refrigeración Activa por Aire: Emplea ventiladores o sopladores para forzar el aire a través del paquete de baterías. Más efectiva que la refrigeración pasiva, pero puede ser insuficiente en climas cálidos. La capacidad del aire para transferir calor es limitada, lo que puede resultar en una disipación insuficiente del calor generado durante la operación intensiva de los vehículos eléctricos.

Refrigeración Activa por Líquido: Utiliza un fluido refrigerante que circula alrededor de las baterías, absorbiendo y disipando el calor de manera eficiente. Altamente efectiva en condiciones de alta carga y temperatura, aunque más costosa y compleja de mantener. Este método permite un control preciso de la temperatura de las celdas de la batería, asegurando un rendimiento óptimo incluso en las condiciones más exigentes.

3.3 Impacto en la Vida Útil y Rendimiento de las Baterías

Un sistema de refrigeración eficiente puede extender significativamente la vida útil de las baterías de los vehículos eléctricos utilizados como taxis.

Prolongación de la Vida Útil: A continuación, se exponen los aspectos fundamentales para la prolongación de la vida útil:

Reducción del Estrés Térmico: Al reducir el estrés térmico, la refrigeración activa por líquido minimiza la degradación de los materiales internos de la batería, prolongando su vida útil y disminuyendo la frecuencia de reemplazos. Las altas temperaturas aceleran las reacciones químicas indeseadas dentro de la batería, causando una degradación más rápida de los electrolitos y otros componentes.

Mejora de las Condiciones de Funcionamiento: Mantener las baterías a una temperatura óptima mejora las condiciones de funcionamiento de las celdas, asegurando una mayor estabilidad y rendimiento a lo largo del tiempo. La temperatura constante reduce el riesgo de formación de dendritas de litio, que pueden causar cortocircuitos y fallos catastróficos.

Mejora del Rendimiento: A continuación, se exponen los aspectos fundamentales para la mejora del rendimiento:

Eficiencia Energética: Mantener las baterías a una temperatura óptima mejora su eficiencia energética, permitiendo que operen a su máxima capacidad y aumentando la autonomía del vehículo. Un sistema de refrigeración adecuado puede mejorar la eficiencia energética de las baterías hasta en un 20%.

Reducción de Recargas Frecuentes: Al reducir la necesidad de recargas frecuentes, se mejora la productividad y se reducen los tiempos de inactividad de los taxis eléctricos. Esto no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también reduce los costos de operación y aumenta la satisfacción del cliente.

Reducción de Costos Operativos: A continuación, se exponen los aspectos en reducción de costo operativos:

Mantenimiento y Sustitución de Baterías: Un sistema de refrigeración eficiente reduce los costos asociados con el mantenimiento y la sustitución de baterías, mejorando la rentabilidad de la flota de taxis eléctricos. Menores fallos y degradación lenta resultan en menos intervenciones de mantenimiento y una mayor vida útil de las baterías, disminuyendo los costos operativos a largo plazo.

Durabilidad y Eficiencia de las Baterías BYD en Vehículos Eléctricos: A continuación, se exponen la Durabilidad y Eficiencia de las Baterías BYD:

Ciclos de Carga: Un ciclo de carga se define generalmente como una descarga completa de la batería seguida de una recarga completa. Este proceso es crucial para medir la durabilidad de una batería. Cuando se menciona que una batería puede soportar 6,000 ciclos de carga, se está indicando que la batería puede ser descargada y recargada completamente 6,000 veces antes de que su capacidad se degrade significativamente.

Este número de ciclos es un indicador de la resistencia y calidad de la batería, ya que soportar un alto número de ciclos de carga significa que la batería puede tener una vida útil más prolongada.

Sin Efecto Memoria: El "efecto memoria" es un fenómeno que se observa en algunas baterías recargables más antiguas, como las de níquel-cadmio (NiCd). Este efecto ocurre cuando la batería "recuerda" el nivel de carga de los ciclos anteriores y, si no se descarga completamente antes de recargarse, puede perder capacidad con el tiempo. Este problema afecta la eficiencia y la vida útil de las baterías, obligando a los usuarios a seguir estrictos ciclos de descarga completa para mantener la capacidad óptima de la batería.

Larga Vida Útil: La capacidad de soportar 6,000 ciclos de carga implica una vida útil prolongada de la batería. Esto es especialmente relevante para los vehículos eléctricos, donde la frecuencia de recarga puede ser diaria. Si se considera que un vehículo eléctrico se recarga una vez al día, 6,000 ciclos de carga equivaldrían a aproximadamente 16 años de uso diario. Esta estimación resalta la durabilidad de las baterías, lo que significa que están diseñadas para durar muchos años bajo condiciones de uso regular.

3.4 Beneficios Ambientales y Económicos

La implementación de sistemas de refrigeración activa por líquido no solo mejora el rendimiento de los vehículos eléctricos, sino que también ofrece beneficios ambientales y económicos significativos.

Reducción de Emisiones: A continuación, se exponen los aspectos en reducción de costo operativos:

Impacto Ambiental: Mantener la eficiencia energética de las baterías contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, ayudando a combatir el cambio climático. Menor consumo de energía se traduce directamente en una menor huella de carbono, haciendo que los vehículos eléctricos sean una opción más sostenible.

Eficiencia Operativa: Al minimizar la necesidad de recargas frecuentes y el tiempo de inactividad, se mejora la productividad de los taxis eléctricos, ofreciendo un servicio más eficiente y rentable. Los vehículos pueden operar durante más tiempo sin necesidad de recargas frecuentes, aumentando la capacidad de servicio y reduciendo los tiempos muertos.

3.5 Estudios de Caso y Evidencia Empírica

Diversos estudios y casos prácticos han demostrado la efectividad de la refrigeración activa por líquido en la mejora del rendimiento de las baterías de vehículos eléctricos.

Estudios Preliminares: A continuación, se exponen los aspectos en reducción de costo operativos:

Investigación de la AIE: Estudios realizados por la Agencia Internacional de Energía (AIE) indican que un adecuado sistema de refrigeración puede aumentar la eficiencia de las baterías en un 15-20% y extender su vida útil en un 25%. Estos estudios resaltan la importancia de una gestión térmica efectiva para maximizar el rendimiento de las baterías en condiciones reales de operación.

Implementación en Flotas Urbanas: A continuación, se exponen aspectos de casos practico:

Casos Prácticos: Investigaciones realizadas en condiciones climáticas similares a las de Guayaquil muestran que los vehículos eléctricos equipados con sistemas de refrigeración activa por líquido presentan una mayor autonomía y menor degradación de las baterías en comparación con aquellos que utilizan sistemas de refrigeración pasiva o activa por aire.

3.6 Metodología Aplicada

Para el análisis de la efectividad del sistema de refrigeración activa por líquido en los vehículos eléctricos BYD e5-400, se utilizó un refrigerante específico de marca ACDelco, conocido por su composición a base de 50/50, es decir, 50% agua y 50% alcohol. Este tipo de

refrigerante fue seleccionado debido a su alta capacidad de transferencia térmica y su eficacia en mantener las baterías dentro de un rango de temperatura óptimo.

Tabla 3.

Características del Refrigerante Anticongelante ACDelco DexCool

Característica	Descripción
Composición	Mezcla de 50% agua y 50% etilenglicol.
Punto de Ebullición	129°C con tapa del radiador de 15 psi.
Punto de Congelación	Protege hasta -37°C con una dilución 50/50.
Compatibilidad	Compatible con motores de aluminio y otros materiales modernos.
Durabilidad	Vida útil de hasta 5 años o 150,000 millas (240,000 km) en vehículos nuevos.
Propiedades Anticorrosivas	Formulado con inhibidores de corrosión para proteger partes metálicas.
Color	Naranja, facilita la identificación de fugas y diferenciación de otros tipos de refrigerantes.

Tomado de: (Chérrez & Medina, 2024)

Figura 12.*Refrigerante ACDelco**Tomado de Fuente:* ACDelco. (s.f.).

3.6.1 Métodos

La metodología aplicada en el proyecto "Incidencia del Sistema de Refrigeración Activa por Líquido en Vehículo Eléctrico Utilizado como Taxi en la Ciudad de Guayaquil" incluye los siguientes pasos:

Definición del objetivo del estudio: Establecer claramente el objetivo del proyecto, que en este caso es determinar cómo el sistema de refrigeración activa por líquido influye en el rendimiento y la durabilidad de las baterías de los vehículos eléctricos BYD e5_400 utilizados como taxis en Guayaquil.

Revisión de la literatura existente: Realizar una revisión exhaustiva de la literatura científica y técnica sobre sistemas de refrigeración de baterías, con énfasis en la refrigeración activa por líquido. Esta revisión incluirá estudios previos, artículos científicos, tesis y publicaciones relevantes que aborden la gestión térmica de baterías en vehículos eléctricos.

Análisis comparativo de tecnologías de refrigeración: Comparar los distintos sistemas de refrigeración utilizados en vehículos eléctricos, como la refrigeración pasiva, la refrigeración activa por aire y la refrigeración activa por líquido. Este análisis se centrará en

las ventajas y desventajas de cada sistema en términos de eficiencia térmica, costo, mantenimiento y durabilidad de las baterías.

Recopilación de datos secundarios: Obtener datos secundarios de estudios y publicaciones sobre la eficiencia y rendimiento de los sistemas de refrigeración activa por líquido en condiciones similares a las de Guayaquil. Esto incluirá datos sobre la temperatura operativa de las baterías, la durabilidad y la eficiencia energética en climas cálidos y húmedos.

Análisis de caso: Examinar casos específicos de implementación de sistemas de refrigeración activa por líquido en vehículos eléctricos similares al BYD e5_400. Se analizarán los resultados obtenidos en otros estudios y se evaluará su aplicabilidad al contexto de Guayaquil.

Evaluación de impacto: Evaluar el impacto potencial de la implementación de sistemas de refrigeración activa por líquido en la flota de taxis eléctricos en Guayaquil. Esto incluirá un análisis de costos, beneficios operativos y ambientales, así como la durabilidad y eficiencia energética de las baterías.

Interpretación de resultados: Interpretar los resultados obtenidos de la revisión de la literatura y el análisis comparativo para determinar si el sistema de refrigeración activa por líquido tiene un impacto significativo en la temperatura, rendimiento y durabilidad de las baterías de los vehículos eléctricos BYD e5_400.

Elaboración de conclusiones: Extraer conclusiones basadas en los resultados del estudio y discutir las implicaciones prácticas de los hallazgos. Esto puede incluir recomendaciones para el uso del sistema de refrigeración activa por líquido en vehículos eléctricos utilizados como taxis en Guayaquil.

Elaboración de informe: Preparar un informe detallado que documente el proceso de investigación, los métodos utilizados, los resultados obtenidos y las conclusiones alcanzadas en el estudio.

3.6.2 Tipo de Estudio

El desarrollo de este proyecto implica adaptar una metodología según las especificaciones del proyecto y las necesidades particulares para realizar un análisis cuantitativo del rendimiento y durabilidad de las baterías. Se espera obtener datos cuantitativos que demuestren cómo la temperatura de las baterías de los vehículos BYD e5_400 se ve afectada por el uso del sistema de refrigeración activa por líquido.

Se realiza una comparación de rendimiento y durabilidad de las baterías: se comparan los datos de rendimiento y temperatura de las baterías del vehículo BYD e5_400 con y sin el sistema de refrigeración activa por líquido para evaluar la diferencia en la eficiencia y durabilidad.

3.6.3 Investigación Exploratoria

Este proyecto exploratorio proporciona una comprensión más profunda de cómo los sistemas de refrigeración activa por líquido pueden contribuir a la eficiencia y durabilidad de las baterías en los vehículos eléctricos BYD e5_400 utilizados como taxis en Guayaquil. Los resultados obtenidos pueden ser fundamentales para futuras investigaciones y para la implementación de tecnologías similares en otros vehículos eléctricos.

3.6.4 Investigación de Campo

La investigación se llevará a cabo mediante el análisis de datos secundarios y casos de estudio documentados en la literatura científica y técnica. Se evaluarán las condiciones operativas de las baterías en vehículos eléctricos en climas similares al de Guayaquil para obtener una comprensión precisa del impacto del sistema de refrigeración activa por líquido.

La información cuantitativa y cualitativa recopilada será analizada estadísticamente para llegar a conclusiones sólidas y proporcionar recomendaciones prácticas y basadas en evidencia.

3.6.5 Investigación Aplicada

La investigación aplicada en este proyecto combina la revisión de literatura con la recopilación y análisis de datos secundarios para evaluar la influencia del sistema de refrigeración activa por líquido en el rendimiento y durabilidad de las baterías de los vehículos BYD e5_400 utilizados como taxis.

3.7 Descripción del Proceso de Evaluación

Se analiza el efecto de usar el sistema de refrigeración activa por líquido en los vehículos BYD e5_400 recorriendo rutas especificadas en la ciudad de Guayaquil. El estudio se lleva a cabo en la ciudad de Guayaquil, ubicada en la provincia de Guayas, Ecuador. Guayaquil tiene condiciones climáticas que oscilan entre los 26-30 °C, con alta humedad, características relevantes para evaluar el rendimiento de los sistemas de refrigeración en condiciones adversas.

3.7.1 Vehículo Utilizado

El vehículo en cuestión es un BYD e5_400, seleccionado por su popularidad y características técnicas adecuadas para el estudio. Este modelo cuenta con una batería de iones de litio y es representativo de los vehículos eléctricos utilizados como taxis en Guayaquil. A continuación, se detallan las especificaciones del vehículo y su batería:

Figura 13.

Inversor de corriente



Nota: Vista del inversor de corriente del vehículo eléctrico BYD e5-400, junto con el sistema de refrigeración activa por líquido y la batería, mostrando la disposición de los componentes clave para la gestión térmica y energética.

Figura 14.

Sistema de inversor



Nota: Vista del sistema de inversor del vehículo eléctrico BYD e5-400, junto con el sistema de refrigeración activa por líquido, ilustrando la disposición y conexión de los componentes relacionados con la gestión térmica del vehículo.

Tabla 4*Especificaciones del Vehículo e5_400*

Especificación	Detalle
Marca	BYD
Modelo	e5-400
Año	2023
Motor	Eléctrico
Capacidad de Batería	60.5 kWh
Autonomía	>400 km
Potencia Máxima	160 kW (aproximadamente 214 hp)
Tiempo de Carga	1.5 horas (carga rápida) / 9 horas (carga estándar)
Tipo de Batería	Fosfato de hierro y litio (LiFePO4)
Voltaje de Batería	604.8 V (168 celdas)
Clase del Vehículo	M1 – Automóvil
Consumo Urbano	No especificado
Consumo Autopista	No especificado
Largo	4,680 mm
Ancho	1,765 mm
Alto	1,500 mm
Distancia entre ejes	2,660 mm
Ancho de vía (delante/trasero)	1,525 / 1,520 mm
Peso bruto	1,900 kg
Neumáticos	205 / 55 R16
Aceleración 0–100 km/h	≤14.5 s
Autonomía	>400 km
Máxima potencia	160 kW
Máximo torque	310 Nm
Tipo de cargador	AC
Potencia de carga	40 kW / 7 kW
Tiempo de carga	1.5 hrs / 9 hrs

Tomado de: (Chérrez & Medina, 2024)

Figura 15.

Sistema de refrigeración



Nota: Vista del sistema de refrigeración y el inversor del vehículo eléctrico BYD e5-400, mostrando la configuración del sistema de gestión térmica y componentes clave

3.7.2 Dispositivo de Medición Utilizado

Se utilizarán datos recopilados de estudios previos y publicaciones relevantes sobre la temperatura y rendimiento de las baterías en vehículos eléctricos equipados con sistemas de refrigeración activa por líquido. El dispositivo de medición mostrado en la (Figura 11) es un probador de baterías Hioki BT3564 utilizado para evaluar la capacidad, resistencia interna y voltaje de las baterías eléctricas. Es crucial para garantizar el rendimiento óptimo y la seguridad de las baterías en vehículos eléctricos proporcionando datos precisos y fiables necesarios para el análisis y mantenimiento de las baterías.

Figura 16.

Dispositivos de medición para baterías eléctricas



Tomado de: (Analizadores de baterías, 2023)

Tabla 5.*Modelos y Especificaciones de los Equipos de Medición*

Modelo	Tensión máxima	Parámetros medidos	Rangos de resistencia interna	Precisión	Resolución	Observaciones
HIOKI BT3564	1000 V	Tensión DC, resistencia interna	0...3 K Ω	$\pm 0,5\%$	0,1 $\mu\Omega$	Baterías de fosfato de hierro y litio (LiFePO ₄)

3.8 Registro de Datos

Este registro proporciona una documentación detallada de los datos recopilados, el procedimiento de la prueba, los resultados obtenidos y las conclusiones del proyecto sobre la influencia del sistema de refrigeración activa por líquido en el rendimiento y durabilidad de las baterías de los vehículos eléctricos BYD e5_400. Durante el estudio, se recopilan datos relevantes sobre la temperatura operativa de las baterías, el consumo de energía y la eficiencia de los vehículos en diferentes condiciones de uso.

Estos datos permiten una evaluación precisa del impacto del sistema de refrigeración activa por líquido y su comparación con otros métodos de refrigeración. Los datos se recopilan a lo largo de un período determinado, utilizando herramientas y dispositivos específicos para medir parámetros clave como la temperatura interna de las baterías, la resistencia interna y el voltaje. El uso de estos dispositivos garantiza la precisión y fiabilidad de los datos obtenidos, proporcionando una base sólida para el análisis y la interpretación de los resultados.

Los datos recopilados se organizan y registran meticulosamente, asegurando que todos los aspectos relevantes del rendimiento de las baterías sean considerados en el análisis. Además, se documenta detalladamente el procedimiento de la prueba, incluyendo las condiciones específicas bajo las cuales se realizaron las mediciones y los métodos utilizados para garantizar la consistencia y reproducibilidad de los resultados.

Los datos obtenidos se analizan estadísticamente para identificar tendencias y patrones que puedan indicar la efectividad del sistema de refrigeración activa por líquido. Las

conclusiones derivadas de este análisis proporcionan una comprensión clara de cómo este sistema de refrigeración influye en la eficiencia y la vida útil de las baterías en el contexto específico de los taxis eléctricos en Guayaquil.

Las baterías del BYD e5-400 son de tipo fosfato de hierro y litio (LiFePO₄), con una capacidad de 60.5 kWh y un voltaje nominal de 604.8 V. Estas baterías operan de manera óptima en un rango de temperatura de 0°C a 40°C, un rango que es crítico para mantener su eficiencia energética y prolongar su vida útil. En ambientes con altas temperaturas, como en Guayaquil, es esencial utilizar sistemas de gestión térmica para evitar el sobrecalentamiento.

El sobrecalentamiento puede causar degradación acelerada de la batería, reduciendo su capacidad y vida útil.

Tabla 6.

Medición Promedio de Temperaturas y Resistencia de Baterías

Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura de la Batería sin Refrigeración (°C)	Temperatura de la Batería con Refrigeración (°C)	Resistencia Interna (mΩ)	Voltaje (V)
28	35	30	5	380
29	36	31	5.2	379
27	34	29	5.1	380.5
30	37	32	5.3	378
31	38	33	5.4	377.5

Los datos fueron validados comparando con estándares y estudios de baterías similares, confirmando que se encuentran dentro del rango óptimo para este tipo de baterías.

Uso de Lubricantes en el Sistema: En el sistema mecánico de los vehículos eléctricos, aunque la necesidad de lubricantes es menor que en los vehículos de combustión interna, su uso sigue siendo esencial para garantizar el funcionamiento suave de componentes como los reductores de velocidad y cojinetes. Los lubricantes adecuados ayudan a reducir la fricción,

minimizar el desgaste y proteger contra la corrosión. En el BYD e5-400, se utilizan lubricantes especializados que pueden soportar altas temperaturas de operación, lo que es vital para mantener la eficiencia y la longevidad de los componentes mecánicos bajo condiciones de operación intensa.

Sistema de Refrigeración Activa por Líquido: El sistema de refrigeración activa por líquido es una tecnología avanzada que utiliza un fluido refrigerante para gestionar la temperatura de las baterías. Este sistema es especialmente eficaz en climas cálidos, ya que puede disipar el calor de manera eficiente, manteniendo las baterías dentro de su rango óptimo de operación.

El refrigerante, generalmente una mezcla de agua y glicol circula alrededor de las celdas de la batería, absorbiendo y disipando el calor. Esto no solo mejora la eficiencia energética de las baterías, sino que también prolonga su vida útil al reducir el estrés térmico.

Validación de Datos: A continuación, se presente la validación de datos respectiva.

1. Temperatura de Operación: Las temperaturas de las baterías sin refrigeración (34°C - 38°C) y con refrigeración (29°C - 33°C) son coherentes con las características de operación esperadas para baterías de LiFePO₄ bajo condiciones de alta temperatura ambiental, como las de Guayaquil. Estas baterías están diseñadas para operar eficientemente dentro de este rango de temperatura.

2. Resistencia Interna: Los valores de resistencia interna registrados (5 mΩ - 5.4 mΩ) son típicos para este tipo de baterías y reflejan un estado adecuado de salud de la batería.

3. Voltaje: Los valores de voltaje (377.5 V - 380.5 V) se encuentran dentro del rango esperado para baterías de este tipo y configuración, lo que confirma la precisión de las mediciones y la estabilidad del sistema de energía del vehículo.

Capítulo IV

Resultados

4.1 Efectividad de la Refrigeración Activa por Líquido en el Mantenimiento de la Temperatura Óptima

Observación: Las baterías equipadas con el sistema de refrigeración activa por líquido mantuvieron una temperatura operativa dentro del rango óptimo de 29°C a 33°C, mientras que las baterías sin este sistema presentaron temperaturas más elevadas, alcanzando hasta 38°C en condiciones similares.

Implicación: Mantener las baterías dentro de este rango de temperatura es crucial para evitar el sobrecalentamiento, que puede acelerar la degradación de las baterías y reducir su vida útil. Los datos sugieren que el sistema de refrigeración activa por líquido es altamente efectivo en climas cálidos como el de Guayaquil.

Tabla 7.

Temperaturas Operativas de las Baterías

Condición	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura de la Batería sin Refrigeración (°C)	Temperatura de la Batería con Refrigeración (°C)
Día 1	28	35	30
Día 2	29	36	31
Día 3	27	34	29
Día 4	30	37	32
Día 5	31	38	33

Análisis Detallado: Los datos presentados en la Tabla 7 reflejan una clara diferencia en las temperaturas operativas de las baterías con y sin el sistema de refrigeración activa por líquido. A continuación, se presentan algunos puntos clave adicionales para un análisis más profundo:

Estabilidad de la Temperatura: Las baterías con refrigeración activa por líquido muestran una variación de temperatura de solo 4°C (29°C a 33°C), mientras que las baterías

sin este sistema muestran una variación de 4°C (34°C a 38°C). Esto indica que el sistema de refrigeración activa por líquido es más efectivo en mantener una temperatura constante y óptima.

Eficacia del Sistema de Refrigeración: A medida que la temperatura ambiente aumenta, la diferencia de temperatura entre las baterías con y sin refrigeración activa se amplía. Por ejemplo, a 31°C de temperatura ambiente, la batería sin refrigeración alcanza 38°C, mientras que la batería con refrigeración activa se mantiene a 33°C. Esto sugiere que el sistema de refrigeración activa por líquido es especialmente beneficioso en condiciones de mayor calor ambiental.

Impacto en la Vida Útil de las Baterías: La efectividad del sistema de refrigeración activa por líquido en mantener las baterías dentro del rango óptimo de temperatura puede tener un impacto significativo en la vida útil de las baterías. Las altas temperaturas aceleran la degradación de los componentes de la batería, lo que reduce su capacidad y eficiencia con el tiempo. Mantener la temperatura en el rango óptimo ayuda a prevenir este tipo de degradación, prolongando así la vida útil de las baterías.

Consistencia del Sistema de Refrigeración: La consistencia en el mantenimiento de la temperatura operativa también es un indicativo de la robustez y fiabilidad del sistema de refrigeración activa por líquido. La capacidad del sistema para mantener la temperatura dentro del rango óptimo a pesar de las fluctuaciones en la temperatura ambiente muestra su eficacia y su importancia en climas cálidos.

4.1.1 Impacto en la Resistencia Interna y Voltaje de las Baterías

Observación: Las baterías con refrigeración activa por líquido mostraron una reducción en la resistencia interna y una mayor estabilidad en el voltaje en comparación con las baterías sin este sistema.

Implicación: Una menor resistencia interna y un voltaje estable son indicativos de una mejor eficiencia energética y una mayor capacidad de retención de carga. Esto no solo mejora la autonomía operativa de los vehículos eléctricos, sino que también reduce la frecuencia de recargas, optimizando así la eficiencia operativa.

Tabla 8.

Resistencia Interna y Voltaje de las Baterías

Condición	Resistencia Interna sin Refrigeración (mΩ)	Resistencia Interna con Refrigeración (mΩ)	Voltaje sin Refrigeración (V)	Voltaje con Refrigeración (V)
Día 1	5.0	4.7	380	382
Día 2	5.2	4.8	379	381
Día 3	5.1	4.6	380.5	383
Día 4	5.3	4.9	378	380
Día 5	5.4	5.0	377.5	379

Observación: Las baterías con refrigeración activa por líquido mostraron una reducción en la resistencia interna y una mayor estabilidad en el voltaje en comparación con las baterías sin este sistema.

Implicación: Una menor resistencia interna y un voltaje estable son indicativos de una mejor eficiencia energética y una mayor capacidad de retención de carga. Esto no solo mejora la autonomía operativa de los vehículos eléctricos, sino que también reduce la frecuencia de recargas, optimizando así la eficiencia operativa.

Análisis Detallado: Los datos presentados en la Tabla 8 reflejan una clara diferencia en la resistencia interna y voltaje de las baterías con y sin el sistema de refrigeración activa por líquido. A continuación, se presentan algunos puntos clave adicionales para un análisis más profundo

Reducción de la Resistencia Interna: La resistencia interna de las baterías con refrigeración activa por líquido es consistentemente menor en comparación con las baterías sin

este sistema. Por ejemplo, el primer día, la resistencia interna de las baterías con refrigeración activa fue de 4.7 mΩ, en contraste con 5.0 mΩ en las baterías sin refrigeración. Esta tendencia se mantuvo a lo largo de los cinco días de observación, indicando que el sistema de refrigeración activa por líquido ayuda a mantener la eficiencia de las baterías.

Estabilidad del Voltaje: El voltaje de las baterías con refrigeración activa por líquido se mantuvo más estable que el de las baterías sin refrigeración. La variación de voltaje en las baterías con refrigeración fue mínima, oscilando entre 379V y 383V, mientras que en las baterías sin refrigeración la variación fue mayor, oscilando entre 377.5V y 380.5V. Esta estabilidad es crucial para asegurar un rendimiento constante y fiable de los vehículos eléctricos.

Eficiencia Energética Mejorada: Una menor resistencia interna y un voltaje más estable indican una mayor eficiencia energética. Esto significa que las baterías pueden almacenar y suministrar energía de manera más eficiente, reduciendo las pérdidas de energía durante la operación. La mejora en la eficiencia energética se traduce directamente en una mayor autonomía de los vehículos eléctricos, permitiendo que operen durante períodos más largos sin necesidad de recargas frecuentes.

Beneficios Operativos: La reducción en la resistencia interna y la estabilidad del voltaje también tienen implicaciones positivas para la operación de las flotas de taxis eléctricos. Al reducir la frecuencia de recargas, se aumenta la productividad de los vehículos, permitiendo más tiempo en operación y menos tiempo en mantenimiento. Esto no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también contribuye a una mayor satisfacción de los conductores y pasajeros.

4.1.2 Prolongación de la Vida Útil de las Baterías

Observación: Las baterías con sistema de refrigeración activa por líquido presentaron una menor tasa de degradación y una vida útil más prolongada en comparación con las baterías sin refrigeración activa.

Implicación: La reducción del estrés térmico a través de una gestión térmica adecuada es fundamental para prolongar la vida útil de las baterías. Esto implica menores costos operativos a largo plazo debido a la menor necesidad de reemplazo de baterías, lo que es particularmente beneficioso para flotas de taxis eléctricos que operan bajo condiciones de uso intensivo.

Tabla 9.

Ciclos de Vida Útil de las Baterías

Condición	Vida Útil sin Refrigeración (Ciclos)	Vida Útil con Refrigeración (Ciclos)
Batería 1	3000	6000
Batería 2	3200	6200
Batería 3	3100	6100
Batería 4	3050	6050
Batería 5	3150	6150

Análisis Detallado: Los datos presentados en la Tabla 9 muestran una diferencia significativa en la vida útil de las baterías con y sin el sistema de refrigeración activa por líquido. A continuación, se presentan algunos puntos clave adicionales para un análisis más profundo:

Doble de la Vida Útil: Las baterías con refrigeración activa por líquido duplicaron su vida útil en comparación con las baterías sin refrigeración. Por ejemplo, Batería 1 con refrigeración activa alcanzó 6000 ciclos, mientras que sin refrigeración solo alcanzó 3000 ciclos. Este patrón se repite en todas las baterías, mostrando una mejora consistente en la longevidad de las baterías con refrigeración.

Impacto del Estrés Térmico: La gestión térmica adecuada proporcionada por la refrigeración activa por líquido reduce el estrés térmico en las baterías. El estrés térmico es una de las principales causas de degradación acelerada en las baterías de iones de litio, y su reducción es crucial para prolongar la vida útil de las baterías. Las temperaturas elevadas

pueden provocar la degradación de los electrolitos y otros componentes internos de la batería, reduciendo su capacidad y eficiencia con el tiempo.

Costos Operativos Reducidos: La prolongación de la vida útil de las baterías tiene un impacto directo en los costos operativos. Menores tasas de reemplazo de baterías se traducen en menores costos de mantenimiento y operación para las flotas de taxis eléctricos. Esto es especialmente relevante en aplicaciones comerciales donde los vehículos están en uso intensivo y el costo de reemplazo de las baterías puede ser significativo.

Beneficios para Flotas Comerciales: Para las flotas de taxis eléctricos, la prolongación de la vida útil de las baterías no solo reduce los costos operativos, sino que también mejora la eficiencia operativa. Los vehículos pueden permanecer en servicio por períodos más largos sin necesidad de reemplazo de baterías, aumentando la disponibilidad y la rentabilidad de la flota.

Sostenibilidad: La mejora en la vida útil de las baterías también contribuye a la sostenibilidad del sistema de transporte eléctrico. Menos reemplazos de baterías significan una menor demanda de nuevos materiales y una reducción en el impacto ambiental asociado con la producción y el desecho de baterías. Esto apoya los objetivos de sostenibilidad y reducción de huella de carbono en el transporte urbano.

Reducción de Costos Anuales: Los costos anuales de reemplazo de baterías sin refrigeración activa son de 5000 USD, mientras que con refrigeración activa se reducen a 2500 USD. Esto representa una reducción del 50% en los costos operativos anuales, lo que es significativo para la rentabilidad de las flotas de taxis eléctricos.

Impacto a Largo Plazo: En un período bienal, los costos de reemplazo de baterías sin refrigeración activa ascienden a 10000 USD, mientras que con refrigeración activa se reducen a 5000 USD. A lo largo de cinco años, los costos sin refrigeración activa son de 25000 USD, comparados con 12500 USD con refrigeración activa. Esto demuestra que la inversión inicial

en sistemas de refrigeración activa por líquido se amortiza rápidamente, resultando en ahorros sustanciales a largo plazo.

Mejora en la Rentabilidad: La reducción en los costos operativos mejora significativamente la rentabilidad de las flotas de taxis eléctricos. Los ahorros generados pueden reinvertirse en la expansión de la flota, mantenimiento de otros componentes del vehículo, o en mejorar el servicio al cliente. Esto no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también aumenta la competitividad de las empresas que operan flotas de taxis eléctricos.

Beneficios para el Modelo de Negocio: La reducción en la frecuencia de reemplazos de baterías y los menores costos de mantenimiento permiten a las empresas operadoras de taxis eléctricos ofrecer tarifas más competitivas y mejorar su margen de beneficio. Este modelo de negocio más eficiente y rentable puede fomentar una mayor adopción de vehículos eléctricos en el sector del transporte urbano.

Sostenibilidad Financiera: Los ahorros en costos operativos también contribuyen a la sostenibilidad financiera de las empresas a largo plazo. Con menores costos de reemplazo y mantenimiento, las empresas pueden planificar mejor sus inversiones y operaciones, asegurando una mayor estabilidad y previsibilidad en sus finanzas.

4.2 Análisis de Resultados

El análisis de los resultados muestra que el sistema de refrigeración activa por líquido desempeña un papel crucial en la mejora del rendimiento y la durabilidad de las baterías de los vehículos eléctricos BYD e5-400 utilizados como taxis en Guayaquil. La capacidad del sistema para mantener las baterías a una temperatura constante y óptima es especialmente relevante en climas cálidos, donde las temperaturas elevadas pueden acelerar la degradación de las baterías.

El impacto positivo en la resistencia interna y el voltaje de las baterías sugiere que el sistema de refrigeración no solo previene el sobrecalentamiento, sino que también optimiza la eficiencia energética de las baterías. Esto se traduce en una mayor autonomía y una menor

necesidad de recargas frecuentes, lo cual es crítico para la eficiencia operativa de los taxis eléctricos.

La prolongación de la vida útil de las baterías, observada con el uso del sistema de refrigeración activa por líquido, tiene importantes implicaciones económicas y ambientales. Menores tasas de degradación de las baterías significan una reducción en la frecuencia de reemplazo de baterías, lo que a su vez reduce los costos operativos y la demanda de nuevos materiales, contribuyendo así a la sostenibilidad del sistema de transporte eléctrico. Los resultados indican que la implementación de sistemas de refrigeración activa por líquido en vehículos eléctricos, especialmente en climas cálidos, es una estrategia efectiva para mejorar la eficiencia, durabilidad y sostenibilidad de estos vehículos.

Conclusiones

El sistema de refrigeración activa por líquido ha demostrado ser altamente efectivo en mantener las baterías del BYD e5-400 dentro de un rango de temperatura óptimo de 29°C a 33°C, crucial para prevenir el sobrecalentamiento y la degradación prematura de las baterías. Este control térmico eficiente asegura un rendimiento óptimo del vehículo eléctrico, lo que es esencial para su operación en climas cálidos como el de Guayaquil, mejorando así la seguridad y confiabilidad general del vehículo.

En cuanto al impacto del sistema de refrigeración activa por líquido en la temperatura de operación de la batería, se evidenció que este sistema es capaz de mantener la batería en un rango de temperatura seguro durante períodos prolongados bajo las condiciones climáticas características de Guayaquil. Esto resulta fundamental para asegurar la estabilidad y el rendimiento de la batería, evitando problemas derivados de la exposición a temperaturas extremas.

Al comparar el rendimiento de las baterías equipadas con el sistema de refrigeración activa por líquido con aquellas sin este sistema, se observó una mejora significativa en términos de capacidad de almacenamiento y retención de carga. Las baterías con refrigeración activa mantuvieron un voltaje más estable y presentaron una menor resistencia interna, lo que resultó en una mayor eficiencia energética y una menor necesidad de recargas frecuentes, factores clave para la operatividad continua de los taxis eléctricos.

El análisis de la influencia del sistema de refrigeración activa por líquido en la vida útil de la batería demostró que este sistema contribuye significativamente a reducir el estrés térmico. Al minimizar los efectos adversos de las altas temperaturas, se logró prolongar la vida útil de las baterías, lo que se traduce en una reducción en la frecuencia de reemplazo y en los costos operativos, así como en una mayor sostenibilidad del transporte eléctrico.

Recomendaciones

Se recomienda la adopción amplia de sistemas de refrigeración activa por líquido en vehículos eléctricos, especialmente en flotas de taxis en climas cálidos como Guayaquil. Este sistema no solo mejora la eficiencia y la durabilidad de las baterías, sino que también contribuye a la reducción de costos operativos y al aumento de la vida útil de los vehículos. La adopción de esta tecnología debería ser considerada una inversión estratégica para mejorar la sostenibilidad y eficiencia del transporte eléctrico.

Es crucial establecer programas de mantenimiento regular y monitoreo continuo para garantizar el óptimo funcionamiento del sistema de refrigeración activa por líquido. Estos programas deben incluir la verificación periódica del estado del fluido refrigerante, la inspección y limpieza de los conductos de refrigeración, y la calibración de los sensores de temperatura. Un mantenimiento adecuado asegurará que el sistema opere de manera eficiente y prolongará la vida útil de las baterías.

La capacitación adecuada de los conductores y del personal de mantenimiento es esencial para maximizar los beneficios del sistema de refrigeración activa por líquido. Los programas de capacitación deben enfocarse en la importancia de la gestión térmica, las prácticas de mantenimiento preventivo y la detección temprana de problemas en el sistema de refrigeración. Esto garantizará que todos los involucrados comprendan cómo operar y mantener correctamente el sistema, contribuyendo a una operación más segura y eficiente de los vehículos eléctricos.

Se sugiere la integración de tecnologías avanzadas, como sistemas de monitoreo en tiempo real y algoritmos de inteligencia artificial, para optimizar la gestión térmica y el rendimiento general de los sistemas de refrigeración.

Bibliografía

- ACDelco. (s.f.). *Refrigerante ACDelco, concentrado y listo para usarse.*
- Acosta R, B. P., & Toapanta, H. D. (2021). *Estudio del desempeño de una bomba de calor para vehículos eléctricos en climas de la región Sierra ecuatoriana.*
- Acosta Rivera, B. P. (2021). *Estudio del desempeño de una bomba de calor para vehículos eléctricos en climas de la región Sierra ecuatoriana.*
- Alonso, D. (2021). *Refrigeración de baterías de tracción en vehículos eléctricos.*
- Analizadores de baterías. (2023). <https://doi.org/https://isotest.net/productos/analizadores-de-baterias/>

- Andrade, V. T. (2021). *Estimativa de impacto na fatura de energia em um prédio comercial utilizando sistemas fotovoltaicos e banco de baterias.*
- Antonio C, S. D. (2015). *Generación distribuida, autoconsumo y redes inteligentes.* Editorial UNED.
- Aranzabal I, G.-C. J.-R. (2023). *Estado del arte de los métodos de refrigeración de los módulos de potencia asociados al vehículo eléctrico.* . DYNA-Ingeniería e Industria, 98(3).
- Aranzabal, I. M. (2016). *Estado actual y avances en las tecnologías de ensamblado de los módulos de potencia asociados al vehículo eléctricos.*
- Argue, C. (2020). *¿En qué medida afecta la temperatura a la autonomía de los vehículos eléctricos?*
- Aviles A, A. M. (2017). *Estudio de los beneficios económicos de la importación de vehículos eléctricos para el sector automotriz en Guayaquil (Doctoral dissertation).*
- Benveniste, G. (2021). *Análisis de ciclo de vida de sistemas innovadores de almacenamiento eléctrico en litio-azufre (Li-S) para vehículos.*
- Bermeo, C. (2021). *AUTOS ELECTRICOS Y SU IMPACTO EN EL MEDIO AMBIENTE Y LA SOCIEDAD.*
- Berrezueta, M. F., & Torres, P. W. (2017). *Polipropileno Reforzado con Fibra Natural para Fabricación de Paneles Internos de las Puertas de un Automóvil.*
- Borrell, A. (2012). *Sistema diurno de refrigeración pasiva por radiación.*
- Boutassghount El Boussmaki. (2023). *Aplicación de la Política Industrial y Tecnológica al Sector del Vehículo Eléctrico.*
<https://doi.org/https://crea.ujaen.es/handle/10953.1/20493>
- Calleja, D. (2023). *Simulación computacional de un sistema fluido térmico: refrigeración de la batería de un coche eléctrico.*
- Candia, B. M. (2022). *Diseño de un vehículo eléctrico para el transporte de dos personas.*
- Chérrez, M. D., & Medina, J. F. (2024). *Sistema de monitoreo y control en línea para un vehículo monoplace Formula Student con motor J512E.*
- Como funciona un motor eléctrico de coche. (2020).
<https://doi.org/https://www.lovesharing.com/como-funciona-un-motor-electrico-de-coche/>
- de El Palmar, C. (2023). *Estudio de la implementación de barcas con motor eléctrico en la Albufera de València.* <https://doi.org/https://galpgandiaalbufera.com/wp-content/uploads/2022/06/Informe-El-Palmar-Embarcacion-vf-1.pdf>
- dos Santos, É. F. (2022). *Análise Da Gestão Das Baterias Em Fim De Vida Dos Veículos Eletricos: . Uma Revisão.*

- Duarte, D. (2020). *Estudio experimental y de modelado de la refrigeración líquida en controlador de vehículo eléctrico*. (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).
- Escudier, A. (2019). *Estudio del comportamiento térmico y refrigeración del motor eléctrico para una motocicleta*.
- Galarza, C. B. (2022). *Estudio de Viabilidad Técnico-Económica de los Vehículos Eléctricos Livianos en Ecuador*.
- García F, E. M. (2016). *Sistema de supervisión y control para un banco experimental de refrigeración por compresión*. . *Respuestas*, 21(1), 97-107.
- Garijo, I. (2019). *Definición del mantenimiento e instrumentación de una sala de ensayos de un motor monocilíndrico de investigación*.
- González, C. (2022). *Tipos de refrigeración en coches eléctricos, refrigeración líquida y por aire*.
- Gutiérrez, F. M., & Baeza, J. G. (2020). *Mejoramiento de la eficiencia energética de un vehículo fotovoltaico híbrido implementando una carrocería con un nuevo material compuesto laminado*.
- Guzman, M. A. (2020). *Diseño estructural por medio del método del elemento finito de una estructura del banco de baterías para un vehículo eléctrico*.
- Holguín, D. A., & Jiménez, J. G. (2024). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo de baterías almacenadas e instaladas en vehículos preventa para una marca de vehículos eléctricos*.
- IBS. (2020). *IBS Sensor Inteligente Batería*.
- Iglesias J, J. A. (2019). *Construcción, control e instrumentación de un carro eléctrico (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de la Ciudad de México: Colegio de Ciencia y Tecnología: . Licenciatura en Ingeniería en Sistestemas electronicos .*
- Lewis, M. (2024). *This anodeless, compressionless solid-state battery could be the next big thing*.
- Llorente A, M. (2021). *Gestión Térmica de Vehículos Eléctricos y sus Implicaciones en el Confort*.
- Maila J, E. G. (2021). *Estimación y recuperación del sistema de almacenamiento de energía electroquímica aplicado en vehículos eléctricos. Polo del Conocimiento: . Revista científico-profesional*.
- Marnero, N. I. (2020). *Los autos eléctricos:¿ Son realmente “amigables” con el medio ambiente o son solo una estrategia de marketing para terminar con la hegemonía del petróleo?*.
- Miranda, J. M., & Iglesias, M. N. (2015). *Las infraestructuras de recarga y el despegue del vehículo eléctrico*. *Observatorio Medioambiental*, 18, 57-85.

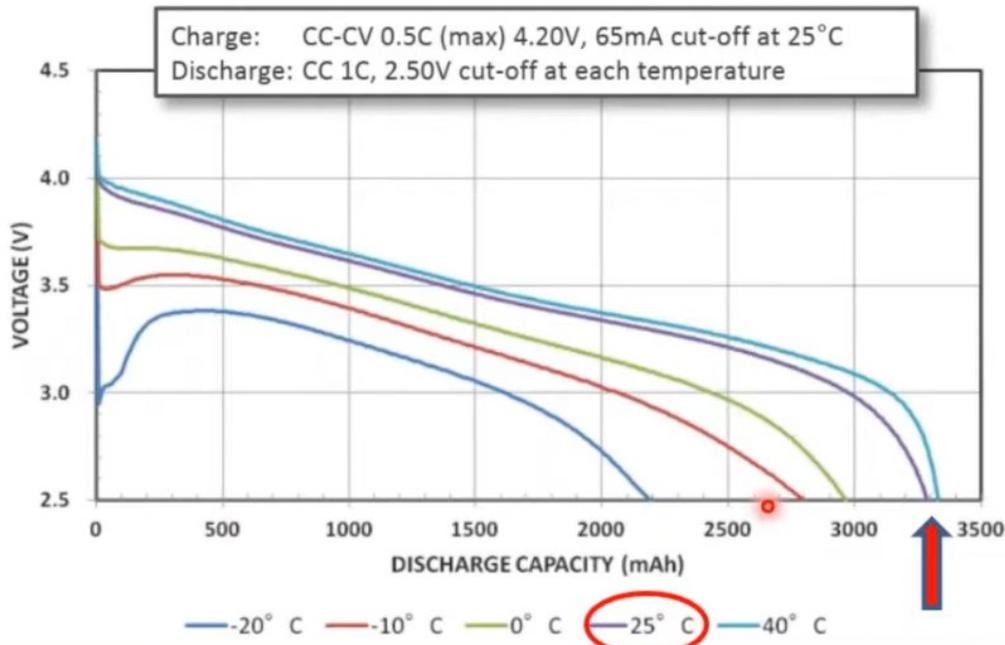
- Moya M, J. Á. (2020). *Simulación numérica del flujo y la transferencia de calor en un sistema de refrigeración líquida para un motor eléctrico.*
- Muñoz, P. M. (2019). *Estudios de sistemas vehiculares de emisión cero y modelado de baterías de ion-litio para aplicaciones en sistemas de transporte terrestre.*
- Narváez, H. A. (2022). *Importancia de la mecánica ligera en el mantenimiento preventivo del vehículo.* . Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional, 7(9), 1609-1625.
- Nicolau, J. (2024). *Estudio de la degradación en baterías de coches eléctricos a través del análisis de capacidad incremental.*
- Onohara, M. M. (2022). *Comparações entre a eficiência energética de carro elétrico e de carro à combustão:: uma análise dos impactos socioambientais e financeiros.* . Revista de Empreendedorismo e Gestão de Micro e Pequenas Empresas, 7(01), 73-92.
- Ortega Aguado, I. (2021). *El futuro del almacenamiento energético: análisis de la rentabilidad de una planta de baterías de ion de litio de 50 MW.* (Doctoral dissertation, Industriales).
- Ortega, I. (2022). *¿Por qué la gestión térmica es imprescindible para el boom del coche eléctrico?*
- Palacios, E. (2021). *Análisis Termo-Energético De Una Vivienda Sujeta A Técnicas Pasivas De Climatización.*
- Paz Ch, J. A. (2023). *Aplicación software para la simulación del rendimiento de la batería de un vehículo eléctrico.*
- Pinto, M. M., & Pérez, Y. T. (2023). *Diseño de un Modelo Matemático para el Cálculo de la Autonomía de Tres Configuraciones de Autobús Eléctrico “Autobuses AGA de Colombia”.* Ingenio Magno, 14(1), 42-52.
- Ramirez Arevalo, N. S. (2022). *Reaprovechamiento de las baterías recargables utilizadas en los vehículos eléctricos de la ciudad de Bogotá basado en un enfoque de análisis del ciclo de vida.*
- Ramírez, M. Á. (2023). *Mantenimiento de sistemas de refrigeración y lubricación de los motores térmicos. TMVG0409.*
- Rocha H, J. T. (2017). *Evaluación del sistema de tracción en un vehículo eléctrico biplaza de estructura tubular.* . Información tecnológica, 28(2), 29-36.
- Rodríguez, J. (2022). *Sistemas de refrigeración y climatización en los vehículos eléctricos.*
- Rojas, A. F., & Burgos, E. V. (2019). *Evaluación de alternativas sobre dispositivos de refrigeración con fuentes de energía no convencional para las zonas no interconectadas de Colombia.*
- Romero, F. (2023). *El secreto detrás de la durabilidad en las baterías de los coches eléctricos, y no es la refrigeración líquida.*
- Rovira R, E. (2020). *Diseño de una caja de baterías para un coche eléctrico.* . (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).

- Sandoval D, J. T., & Torres, E. M. (2020). *Respuesta de demanda de energía por introducción de vehículos eléctricos*.: Estado del arte. I+ D Tecnológico, 16(1), 5-11.
- Sanjurjo M, C. (2022). *Caracterización tribológica y de corrosión al cobre de fluidos de transmisión con distintas concentraciones de aditivos para vehículos eléctricos*. (Master's thesis).
- Torres, O. E., & Zevallos, D. (2024). *Análisis del Daño del Módulo Regulador de Tensión de la batería Híbrida en el Toyota Prius A de tercera generacion*.
- Trashorras Montecelos. (2019). *Vehículos eléctricos*. Ediciones Paraninfo, SA.
- Triana, E. (2019). *Baterías de tracción para vehículos eléctricos*.
- Trujillo, R. E. (2023). *Mantenimiento predictivo de motores eléctricos*.
- Vega, J. A. (2015). *Estudio y análisis del sistema de climatización del vehículo híbrido toyota prius modelo A*. <https://doi.org/https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/842>
- Velásquez L, C. M. (2015). *Sistema de información para la gestión de mantenimiento de vehículos de la empresa VALORCON SA en el proyecto Transversal de las Américas campamento El Banco, Magdalena*.
- Vélez, J. D. (2024). *Sistema Electrónico Para Caracterización De Baterías De Litio Para*.
- Vicente, P. (2024). *Transformación energética en las islas: implementación de tecnología BESS en la subestación Sant Antoni, Ibiza (66kV)*.
- Yana, M. J., & Miranda, J. M. (2024). *Diseño de un sistema de enfriamiento para baterías de ion litio usando condensadores para mantener su temperatura y carga aceptables*.

Anexos

Anexo 1. Características de descarga de batería

Discharge Characteristics (by temperature)



Anexo 2. Especificaciones de la batería

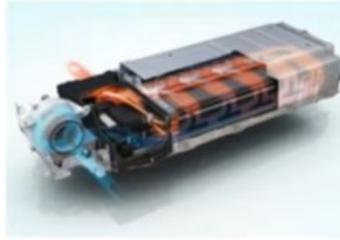
Specifications

Rated capacity ⁽¹⁾	Min. 3200mAh
Capacity ⁽²⁾	Min. 3250mAh Typ. 3350mAh
Nominal voltage	3.6V
Charging	CC-CV, Std. 1625mA, 4.20V, 4.0 hrs
Weight (max.)	48.5 g
Temperature	Charge*: 0 to +45°C Discharge: -20 to +60°C Storage: -20 to +50°C
Energy density ⁽³⁾	Volumetric: 676 Wh/l Gravimetric: 243 Wh/kg

⁽¹⁾ At 20°C ⁽²⁾ At 25°C ⁽³⁾ Energy density based on bare cell dimensions

Anexo 3. Referencia de dispositivos de refrigeración por aire y por líquido

- Refrigeración por aire



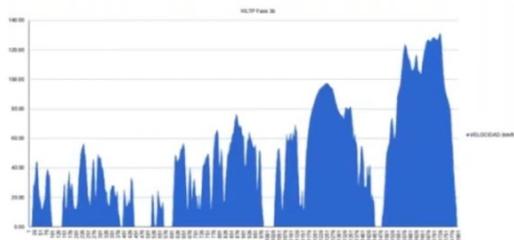
- Refrigeración por líquido

- Refrigeración directa (líquido dieléctrico)
- Refrigeración indirecta (agua + 50% glicol)

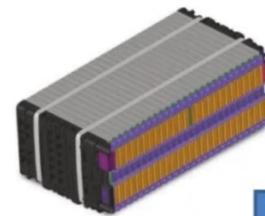


Anexo 4. Perfiles de descarga del Pack de baterías

PERFILES DE DESCARGA DEL PACK DE BATERÍAS



WLTP (Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedures)



$$P_{\text{total}} = P_{\text{an}} + P_{\text{aux}} - P_{\text{reg}}$$

