

	INSTITUTO SUPERIOR UNIVERSITARIO CENTRAL TÉCNICO		VERSIÓN: 2.1
	MACROPROCESO: 06 GESTIÓN DE LA COMUNICACIÓN		ELABORACIÓN: mar,12/03/2019
	PROCESO: 01 COMUNICACIÓN EXTERNA E INTERNA 05 COMUNICACIÓN EXTERNA E INTERNA		ÚLTIMA REVISIÓN mar,13/04/2021
Código: FOR.GC15.10			
FORMATO	SOLICITUD		

Quito, 22 / 03 / 2022

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO DE INVESTIGACION

Habiendo sido nombrado como tutor del proyecto de investigación el Ing. Edwin Guamán como requisito para optar por el título de **TECNOLOGO SUPERIOR EN MECANICA AUTOMOTRIZ** presentado por los egresados:

ALAVA CARDENAS HAIDY VALERIA	1718513268
QUIROGA GUACHAMIN AXEL STIVEN	1751334754

Cuyo tema es **ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO TERMOELÉCTRICO EN BATERÍAS DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS**. Certifico haber revisado el informe arrojado por el software anti plagio y que las fuentes utilizadas detectadas por el mismo trabajo en mención se encuentran debidamente citadas de acuerdo con las normas APA vigentes en el presente proyecto de investigación.

Atentamente


 Tutor: Ing. Edwin Guamán

	INSTITUTO SUPERIOR UNIVERSITARIO CENTRAL TÉCNICO	VERSIÓN: 2.1
	MACROPROCESO: 01 FORMACIÓN	ELABORACIÓN: vi,04/06/2021
	PROCESO: 03 TITULACIÓN	ÚLTIMA REVISIÓN vi,04/06/2021
Código: FOR.FO31.09	01 TRABAJO DE TITULACIÓN PROYECTO TECNOLÓGICO / PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	Página 1 de 23
REGISTRO	FORMATO ARTÍCULO CIENTÍFICO	

INSTITUTO SUPERIOR UNIVERSITARIO CENTRAL TÉCNICO



CARRERA DE MECÁNICA AUTOMOTRIZ

TEMA:

Estudio y análisis del sistema de enfriamiento termoeléctrico en baterías de vehículos híbridos.

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

Alava Cárdenas Haidy Valeria
Quiroga Guachamin Axel Stiven.

Asesor:

Guamán Narváez Edwin Rolando.

Quito, abril del 2022

© Instituto Superior Universitario Central Técnico (2020).
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo Haiddy Valeria Alava Cárdenas declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

El Instituto Superior Tecnológicos Central Técnico puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

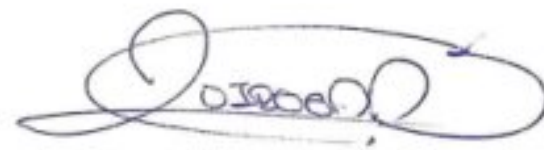


Haiddy Valeria Alava Cárdenas

DECLARACIÓN

Yo Axel Stiven Quiroga Guachamin declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

El Instituto Superior Tecnológicos Central Técnico puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



Axel Stiven Quiroga Guachamin

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Haiddy Valeria Alava Cárdenas y Axel Stiven Quiroga Guachamin, bajo mi supervisión.



Firmado electrónicamente por:
**EDWIN ROLANDO
GUAMAN NARVAEZ**

Edwin Rolando Guamán Narváez

TUTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Los intelectuales resuelven los problemas, los genios los previenen.

Agradezco a Dios por él llegue al final de esta carrera que parecía no terminar, a mi madre Rosa Cardenas por obligarme a estudiar desde muy pequeña por su paciencia amor y tolerar mis cambios de humor quien como ella.

Jose Alava mi eterno caballero gracias por creer en mi papá lo logre aún recuerdo sus palabras eres una mujer inteligente lograras todo lo que te propongas.

Gracias por el apoyo y amor Luis Castro por convertirte en una pieza fundamental en este proceso.

A mi tutor Ing. Edwin Guamán por su entrega dedicación con tan noble profesión.

Gracias a todos mis docentes y compañeros a los que terminan este largo camino y los que no ustedes pueden.

Haiddy Valeria Alava Cárdenas

AGRADECIMIENTO

Nunca se alcanza la verdad total, ni nunca se está alejado totalmente de ella.

Agradezco a Dios por brindarme la sabiduría y fuerza de dar por terminada esta meta muy valiosa en mi vida.

Agradezco a mi familia por ser ese apoyo incondicional, confiar y creer en mis sueños y a la vez cada uno de sus consejos, valores y principios inculcados.

A mi tutor, por haberme guiado en la elaboración de este proyecto de titulación, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este.

Axel Stiven Quiroga Guachamin

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mi familia a mi madre por ella mis hermanos y ahora yo somos lo que somos, Dios la bendiga señora madre, a mi padre pilar fundamental de tan bello hogar todo su sacrificio ha sido devuelto valió la pena, a mis hermanos que, aunque no se los diga los amo con mi vida, Luis mi compañero de vida aquel que ha hecho parte de esto posible.

Pequeños míos Toño y Anahí no soy la mejor mamá, pero ustedes son la razón de muchas cosas quiero que algún día digan mamá no se rindió los amo con mi vida.

Haidy Valeria Alava Cardenas

DEDICATORIA

A mi familia por haber sido mi apoyo incondicional a lo largo de toda mi carrera. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional, como ser humano y siempre brindándome su ayuda y comprensión en todo momento.

Axel Stiven Quiroga Guachamin

Study and analysis of the thermoelectric cooling system in hybrid vehicle batteries.

Estudio y análisis del sistema de enfriamiento termoeléctrico en baterías de vehículos híbridos.

Haidy Valeria Alava ¹ Axel Stiven Quiroga ² Edwin Rolando Guamán ³

¹*Instituto Superior Tecnológico Central Técnico, Quito, Ecuador*
E-mail: halavac@istct.edu.ec

²*Instituto Superior Tecnológico Central Técnico, Quito, Ecuador*
E-mail: asquirogaguachamin@istct.edu.ec

³*Instituto Superior Tecnológico Central Técnico, Quito, Ecuador*
E-mail: equaman@istct.edu.ec

1. RESUMEN

La vida útil de una batería en un vehículo híbrido va a depender de algunos factores que apresuran su degradación, una de sus causas principales es la temperatura como uno de los factores más primordiales, por tal razón con el enfriamiento termoeléctrico se quiere conseguir que su vida útil sea tan larga como la del vehículo.

El objetivo de este trabajo fue el de revisar la información disponible sobre el sistema de enfriamiento termoeléctrico de las baterías de alto voltaje de los vehículos híbridos mediante la revisión bibliográfica de libros y artículos científicos. Durante esta investigación se logró determinar la relación entre la degradación de la batería y la temperatura en función de la ecuación de Arrhenius que expresa la dependencia de la velocidad de una reacción química con respecto a la temperatura a la que se da esta reacción esto depende de la electroquímica y tipo de batería.

También se identificó el uso de la tecnología termoeléctrica que utiliza el efecto Peltier para

crear diferentes temperaturas entre dos diferentes materiales, fenómeno que se usa para transferir el calor de un lugar a otro, mediante el consumo de energía eléctrica, este sistema permite fácilmente el control de la temperatura ajustando su suministro de voltaje.

Se concluye en que los cambios drásticos de temperaturas son los que reducen la vida útil de las baterías de alto voltaje de los vehículos híbridos y que esta batería llega al fin de su vida útil cuando tiene una pérdida del 20% y 30% de su capacidad de carga.

Palabras clave: Termoeléctrico; Degradación; Reacción electroquímica; Efecto Peltier; Transferencia de calor.

2. ABSTRACT

The useful life of the battery of a hybrid vehicle depends on several factors that accelerate its degradation, of the many that exist the main cause is the temperature as one of the most important factors, for such reason with the thermoelectric cooling we want to achieve that its

useful life is as long as that of the vehicle.

The objective of this work was to review the available information on the thermoelectric cooling system of high voltage batteries of hybrid vehicles through a bibliographic review of books and scientific articles. During this research, it was possible to determine the relationship between battery degradation and temperature as a function of the Arrhenius equation that expresses the dependence of the rate of a chemical reaction concerning the temperature at which this reaction occurs, depending on the electrochemistry and type of battery.

It was also identified the use of thermoelectric technology that uses the Peltier effect to create different temperatures between two different materials, a phenomenon that is used to transfer heat from one place to another, through the consumption of electrical energy, this system easily allows temperature control by adjusting its voltage supply.

It is concluded that drastic temperature changes are the ones that reduce the life of high voltage batteries of hybrid vehicles and that this battery reaches the end of its useful life when it has a loss of 20% and 30% of its charge capacity.

Keywords: Thermoelectric; Degradation; Electrochemical reaction; Peltier effect; Heat transfer.

3. INTRODUCCIÓN

Las baterías de alto voltaje son componentes principales de los vehículos híbridos que proveen un voltaje de 201.6 voltios, el cual es utilizado en los motores trifásicos del vehículo.

Las energías limpias, son el objetivo de la industria automotriz no solo por la conciencia ecológica de la época, es por esto que los vehículos híbridos día a día se los puede observar con más frecuencia, sin embargo el mayor problema que tienen estos vehículos es su acumulador de energía o su batería de alta tensión, siendo una desventaja económica para el propietario y también se convierte en un foco de contaminación, ya que en la actualidad las baterías son remplazadas en su totalidad cuando dejan de funcionar su tiempo estimado de durabilidad de 4 a 5 años.

Las baterías de alto voltaje sufren un envejecimiento prematuro en el estado de carga comienza a ser afectado en el transcurso que se lo ha ido trabajando, es quiere decir que se puede descargar automáticamente hasta un 3% por debajo de lo permitido, esto se puede comprobar en el proceso de carga y descarga por periodos largos de tiempo. (Caiche, 2015)

En la tabla 1 a continuación se puede observar los valores adecuados de carga y descarga de una batería de alto voltaje, tratando de que estos no sean inferiores ya que esto es lo que produce el daño irreversible en el proceso correcto de almacenamiento de su carga eléctrica.

Tabla 1
Valores carga y descarga de baterías de alto voltaje

Número de celdas	1 descarga	2 descarga	3 descarga
240	192v	120v	94v
228	182v	114v	24v
204	163v	102v	20v
168	134v	84v	17v
132	105v	66v	13v
120	96v	66v	12v
84	67v	42v	8v
1	0.8v	0.5v	0.1v

Fuente:(Saavedra J y Sibri J,2018).

La gestión de la temperatura aumenta en gran medida la vida útil de la batería y, por lo tanto, prolonga la vida útil general de la batería y, a medida que aumentan la capacidad de la batería y las tasas de carga y descarga, las preocupaciones sobre la seguridad de la batería deben tener prioridad. (Liu et al.,2019).

4. Marco Teórico

4.1 Efecto memoria

Es un fenómeno en el que, a través de un proceso de carga incompleto, la capacidad de la batería para almacenar carga disminuye, este efecto forma de célula con forma cristalina, los cristales pueden crecer de 50 a 100 micras en sección transversal, ocultando grandes porciones del material activo del electrolito, los bordes dentados y las esquinas agudas pueden perforar el separador, lo que aumenta la autodescarga o el cortocircuito electrolítico (Saavedra J y Sibri J,2018).

La carga lenta o ideal es una intensidad suministrada por el cargador que coincide con el 10% de la capacidad nominal de la batería. (Caiche, 2015).

4.2 Afectaciones de cambio de temperaturas a baterías de alto voltaje.

Con capacidades energéticas de 80 o 100 kWh y velocidades de recarga que pueden llegar hasta los 350 kW de potencia, este logro tiene sus consecuencias: la generación de calor, que es necesario disipar para que el rendimiento de la batería sea el esperado, así tenemos una temperatura constante ya que esto le dará un rendimiento optimo así obtener mayor durabilidad y seguridad.

4.3 Sistema de enfriamiento termoeléctrico

El enfriamiento termoeléctrico (TEC) es el efecto de enfriamiento debido al flujo de corriente eléctrica

entre dos conductores o semiconductores diferentes, se genera calor en una unión y enfriamiento en la otra, creando una diferencia de temperatura, esto se puede utilizar para transferir calor de un lugar a otro.

Modulo enfriador termoeléctrico

El enfriador termoeléctrico (TEC) se refiere a un dispositivo semiconductor de estado sólido que es silencioso, ecológico y no tiene costos de operación y mantenimiento, esencialmente, una sola unidad TEC que consta de pines tipo n y tipo p donde los pines están conectados eléctricamente en serie y en paralelo entre sí, el enfriamiento termoeléctrico requiere menos voltaje y corriente que un solo enfriador TEC típico, por lo que el rendimiento depende de la energía. Además, la densidad de potencia requerida de un sistema de enfriamiento tradicional es mucho más baja que la de un TEC debido a su pequeño tamaño en comparación con los requisitos típicos de enfriamiento y energía. Además, la eficiencia térmica máxima de TEC es inferior al 10%. (Liu et al.,2019).

Sin embargo, esta baja eficiencia térmica puede ser útil para muchas aplicaciones pequeñas, especialmente cuando se desperdicia energía térmica o es necesario administrar el calor de acceso del sistema sin interferir en el rendimiento del sistema principal, por lo tanto, puede ser un candidato adecuado para el sistema de gestión térmica de la batería de los vehículos eléctricos/híbridos. El diseño del módulo TEC es una combinación del disipador de calor, refrigeración por aire forzado y refrigeración líquida. Este diseño adopta dos TEC conectados en serie para enfriar el flujo de fluido, cada uno de ellos tiene 127 parejas entre dos placas cerámicas en la estructura intercalada, con una tensión nominal de 12 V, puede tolerar una diferencia de

temperatura máxima de hasta 68°C. La cantidad de calor que pasa del lado frío y se genera internamente es bastante grande. (Liu et al.,2019).

En consecuencia, se coloca un disipador de calor de aluminio en el extremo caliente de los módulos para eliminar el calor oportunamente, además, se instalan dos ventiladores en el otro lado de este disipador de calor de aluminio para acelerar la disipación de calor al ambiente. La fuente de alimentación nominal de los ventiladores sin escobillas es de 12 V a 0,3 A, en el lado frío de cada TEC, hay un bloque de aluminio con un canal de fluido en forma de U preparado.

Durante el funcionamiento del sistema, el calor pasará rápidamente del refrigerante a este lado frío, el bloque de aluminio y el TEC se sujetan al disipador de calor mediante otra tira de aluminio y tornillos, se verifica que los extremos de todos los pernos están cubiertos por plástico para evitar una posible comunicación de calor de los dos lados. (Liu et al.,2019).

4.4 Célula Peltier

Una bomba de calor activa que se encuentra en estado sólido aquella que transfiere calor de un lugar del dispositivo al otro, con consumo de energía eléctrica, depende de la dirección de la corriente, puede usarse para calefacción o para refrigeración, aunque en la práctica la aplicación principal es la refrigeración.

El enfriamiento termoeléctrico utiliza el efecto Peltier creando un flujo de calor entre la mezcla de dos tipos diferentes de materiales, una de sus ventajas de una célula Peltier en comparación con un refrigerador por compresión de vapor, son su falta de piezas móviles o líquido circulante, una vida útil muy larga, invulnerable a fugas, de pequeño tamaño y una forma flexible.

Funcionamiento

El dispositivo tiene dos lados, y cuando una corriente continua fluye a través del dispositivo, transfiere calor de un lado al otro, de modo que un lado se enfría mientras que el otro se calienta, el lado caliente está conectado a un disipador de calor para que siempre esté a temperatura ambiente, y el lado frío está por debajo de la temperatura ambiente.

Se utilizan dos semiconductores únicos, uno de tipo n y uno de p, necesitan tener densidades de electrones diferentes, estos semiconductores se ubican térmicamente en paralelo entre ellos y eléctricamente en serie, luego se unifican con una placa conductora térmica en cada lado.

Cuando se aplica un voltaje a los extremos libres de los dos semiconductores, existe un flujo de corriente continua a través de la unificación de los semiconductores esto causa una variación de temperatura. El lado con la almohadilla de enfriamiento absorbe el calor, que luego se transfiere al otro lado del dispositivo donde se encuentra el refrigerante, los enfriadores termoeléctricos, generalmente se conectan uno al lado del otro entre dos placas de cerámica.

En la figura 1 a continuación se puede observar el proceso de absorción calor- frío que transfiere de un lugar a otro.



Figura 1. Célula Peltier
Fuente: Gomar, J. (2018).

4.5 Sistemas de gestión térmica

Un sistema de gestión térmica es un conjunto de elementos interconectados, que implementan la función de controlar las variables que afectan la temperatura de operación de un equipo en particular. Contribuyen en gran medida a la salud de la batería y prolongan su vida útil.

Además, a medida que aumenta las velocidades y capacidades de carga y descarga, la seguridad del sistema requiere más atención.

En la figura 2 podemos observar donde se encuentra ubicado en el vehículo la gestión térmica de la batería de alto voltaje.



Figura 2. Gestión térmica de la batería.
Fuente: García, G. (2019)

Funciones sistema gestión térmica

El enfriamiento consiste reducir la temperatura del equipo a trabajar; en este caso, para contrarrestar la temperatura generada por la disipación de calor de las baterías, con el fin de mantenerlas en el rango correcto de temperatura de trabajo.

Calentamiento

En cierta clase de ambientes las bajas temperaturas no permiten el funcionamiento apropiado del equipo; por lo tanto, es necesario que el sistema de gestión térmica active ciertos componentes de calefacción para alcanzar las temperaturas de operación en un intervalo de tiempo deseado.

Aislamiento

En condiciones extremas ambientales, tales como climas desérticos o regiones árticas, las diferencias astronómicas de temperatura generan un impacto negativo en el funcionamiento del equipo a administrar, ya que estos picos alteran de una forma importante el funcionamiento normal de éste. Por tal razón, el sistema debe estar aislado de las condiciones externas si se presenta esta variable en la operación.

Ventilación

Es una de las funciones más importantes del sistema, en especial cuando se están trabajando con materiales tóxicos, o que representan un riesgo para la operación normal del equipo. La aplicación de esta función puede variar según el tipo de sistema de gestión térmica a usar.

Tipos de sistemas de gestión térmica

Sistemas de gestión activa son sistemas cuya totalidad de variables de gestión son completamente controladas por el mismo.

Los sistemas activos

Pueden usar aire o líquido, y en cualquier caso usan componentes externos como bombas y ventiladores que requieren energía adicional de la batería.

En un sistema de enfriamiento por aire, la batería se enfría mediante un flujo de lado a lado, el aire generalmente proviene del exterior, pero en sistemas más complejos se usa una corriente de derivación desde el acondicionador del habitáculo.

Cuando se emplea líquidos refrigerantes, estos pueden estar en conexión directa con las celdas (inmersos en el fluido) o circular por el interior de conductos y actuar de forma indirecta.

Tabla 2
Ventajas y desventajas de la Gestión Activa.

	VENTAJAS
	Diseño relativamente simple para dispositivos de aire forzado aire forzado.
	Alta eficiencia en el mantenimiento del paquete de baterías dentro del rango de temperatura requerido en el caso de baterías de base líquida.
	DESVENTAJAS
Gestión Activa	Altos costos operativos en los basados en aire forzado debido a la necesidad de implementar grandes flujos de aire.
	Poca eficiencia a la hora de conseguir homogeneidad en temperatura entre celdas.
	Los problemas de fugas pueden aparecer en dispositivos que dependen de fluidos.
	El volumen ocupado y complejidad de los sistemas basados en fluidos.

Fuente: García G. (2019)

Sistemas de gestión pasiva

Son sistemas que cuentan con una o más variables de gestión que son controladas por condiciones externas tales como convección natural o exposición al ambiente.

El mayor beneficio que aportan los sistemas pasivos es que no consumen energía adicional ya que se utilizan materiales de cambio de fase, tuberías de calor e hidrogeles El interés de estos materiales radica su capacidad para aprovechar su alta energía asociada con cambios de fase (típicamente >150 J/g) que se producen a temperatura constante. Estas dos características les hacen ser atractivos a la hora mantener una temperatura homogénea en todo el paquete de batería. (Liu et al.,2019).

Pese a su buen comportamiento a la hora de lograr una buena homogeneidad térmica en el paquete de baterías, presentan ciertas limitaciones que hacen que no sean la opción preferente hoy en día.

Tabla 3
Ventajas y desventajas de la Gestión Pasiva

	VENTAJAS
	No consumen energía adicional.
	DESVENTAJAS
Gestión Pasiva	Baja conductividad térmica.
	Cuando se dopa el PCM, pierde su capacidad energética.
	Capacidad limitada de almacenamiento térmico.
	Aumenta el peso del paquete de batería.

Fuente: García G. (2019)

4.6 Enfriamiento termoeléctrico combinado por enfriamiento termoeléctrico y sistema de enfriamiento activo

Se trata de un sistema que permite un control sencillo de la temperatura ajustando el suministro de voltaje, no utiliza fluidos no es ruidoso y muy estable.

Su inicio físico es los efectos Peltier-Seebeck y Thompson, que se basan en el cambio del voltaje en un gradiente de temperatura, sus primeros diseños que utilizan este sistema han logrado tener una temperatura de la batería por debajo de los 55°C.

En la figura 3 el TEC puede ser un candidato adecuado para el sistema de gestión térmica de la batería de los vehículos eléctricos/híbridos cuyo diseño del módulo TEC es una combinación del disipador de calor, refrigeración por aire forzado y refrigeración líquida.

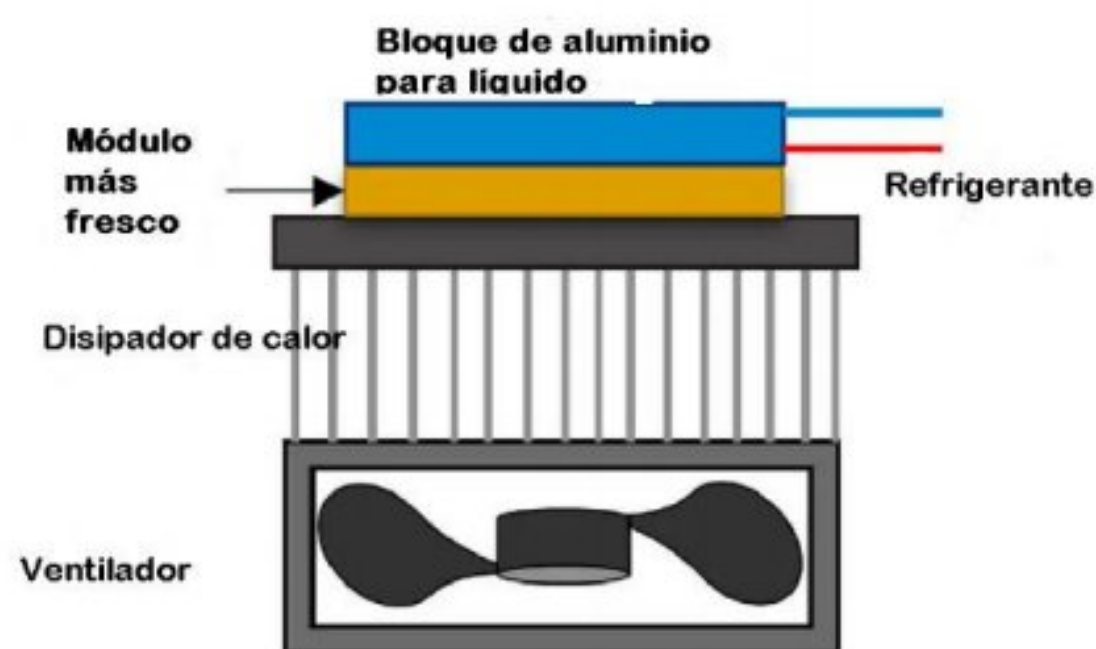


Figura 3. Ilustración esquemática de la unidad individual usada del sistema TEC

Fuente: Y. Lyu, ARM Siddique, SH Majid (2019)

La configuración de un sistema híbrido como este sería de la siguiente manera:

La batería se coloca verticalmente en el centro del depósito de refrigerante. El fluido o el aire, impulsado por una bomba fluye a su alrededor y elimina una cantidad significativa del calor generado por ella durante el funcionamiento.

El TEC se usa para controlar la temperatura del refrigerante, finalmente, el extremo caliente del TEC se enfría mediante un disipador de calor y el ventilador conectado a él. (Liu et al.,2019).

Los resultados experimentales revelan un prometedor efecto de enfriamiento y una cantidad razonable de disipación de energía, la prueba experimental muestra que la temperatura de la superficie de la batería decae aproximadamente de 43°C, desde los 55°C a los 12°C, usando un sistema de enfriamiento de agua basado en TEC para una celda con soporte de cobre cuando se suministran 40 V al calentador y 12 V al módulo TEC. (Liu et al.,2019).

5 MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 MATERIALES

Simulador de calentador y batería

En estos experimentos, el proceso de generación de calor de la batería fue modelado por un calentador de cartucho y una batería simulada. La razón es principalmente el comportamiento impredecible y la posibilidad de fuga térmica de baterías reales en escenarios de operación extrema, al aplicar la fuente de alimentación, el calentador puede generar el calor apropiado convenientemente sin ningún problema de seguridad, se preparó una barra de aluminio del mismo tamaño geométrico que la batería de iones de litio ampliamente utilizada para cubrir el calentador para simular el comportamiento térmico de la batería real, existiendo un orificio, del mismo tamaño que el calentador, en la parte superior central del simulador para sujetar el calentador. (Liu et al.,2019).

Los espacios entre los calentadores y las baterías se llenarán uniformemente con pasta térmica.

En la figura 4 a continuación se puede observar la celda simulada para poder realizar las comparaciones correspondientes, todos los dispositivos e instrumentos están en el laboratorio en el que la temperatura ambiente está entre 20°C. y 25°C. La presión ambiental es la presión de aire estándar.



Figura 4. Sistema experimental de enfriamiento termoeléctrico.

Fuente: Y. Lyu, ARM Siddique, SH Majid (2019)

El suministro de voltaje del calentador se cambió entre 30 V y 60 V para verificar el comportamiento de la batería configurada bajo diferentes potencias suministro en el aire.

Todos los siguientes experimentos se basan en una sola celda de batería simulada. Las comparaciones se realizan entre enfriamiento por aire natural, enfriamiento por líquido puro y TEC híbrido con enfriamiento por aire forzado a base de líquido.

5.2 MÉTODOS

5.2.1 Investigación Bibliográfica

En esta investigación el estudio se realizó de forma bibliográfica, ya que en la recopilación de conceptos cuyo objetivo fue procesar los escritos principales he importantes de un tema general se caracterizó por la utilización de información o datos secundarios así se dio soluciones a problemas planteados de excelente contenido debido a las características de la batería de alto voltaje , además se adquirió varios paper, fichas técnicas, manuales y más documentos de valiosa información que ayudaron a obtener una síntesis adecuada para la investigación con el análisis adecuado de la información que corresponde a las baterías de alto voltaje, así pudo ser desarrollado, la ventaja de un diseño bibliográfico es que permite cubrir una amplia gama de fenómenos ya que abarca una realidad espaciotemporal mucho más dilatada, una desventaja es que puede existir la duda sobre la calidad de las fuentes bibliográficas. donde se limitó un poco la información ya que es un tema nuevo en el campo investigativo automotriz.

6 RESULTADOS

6.1. Batería única en el aire

La temperatura del aire permaneció relativamente constante durante la prueba, la temperatura de la batería aumentó rápidamente en los primeros 30 minutos y gradualmente alcanzó un estado estable. Sin embargo, la temperatura estable para cada suministro de voltaje era completamente diferente, y la temperatura de la parte superior y media de la batería es generalmente de varios grados centígrados de diferencia después de las pruebas de una hora.

En la tabla 4 a continuación se puede observar las distintas temperaturas de las pruebas de la batería única en el aire.

Tabla 4
Batería única en el aire.

Batería única en el aire	La temperatura media fue de solo 45.4°C al mismo tiempo. Para el grupo de 40V, la temperatura máxima fue de 64,7°C mientras que al mismo tiempo la temperatura media era 62.4°C.
	En la prueba de 50 V, la temperatura fue de 75,7°C en la parte superior y 73.6°C en el medio.
	La última prueba en 60 V, la temperatura en la parte superior 91.1°C, pero en el medio, era solo 86.3°C.

Fuente: Y. Lyu, ARM Siddique, SH Majid (2019)

En la figura 5 el suministro de voltaje del calentador se cambió entre 30V, 50V, Y 60 V para verificar el comportamiento de la batería configurada bajo diferentes potencias, donde están los diferentes voltajes con su color característico y el tiempo con el que va incrementando su temperatura.

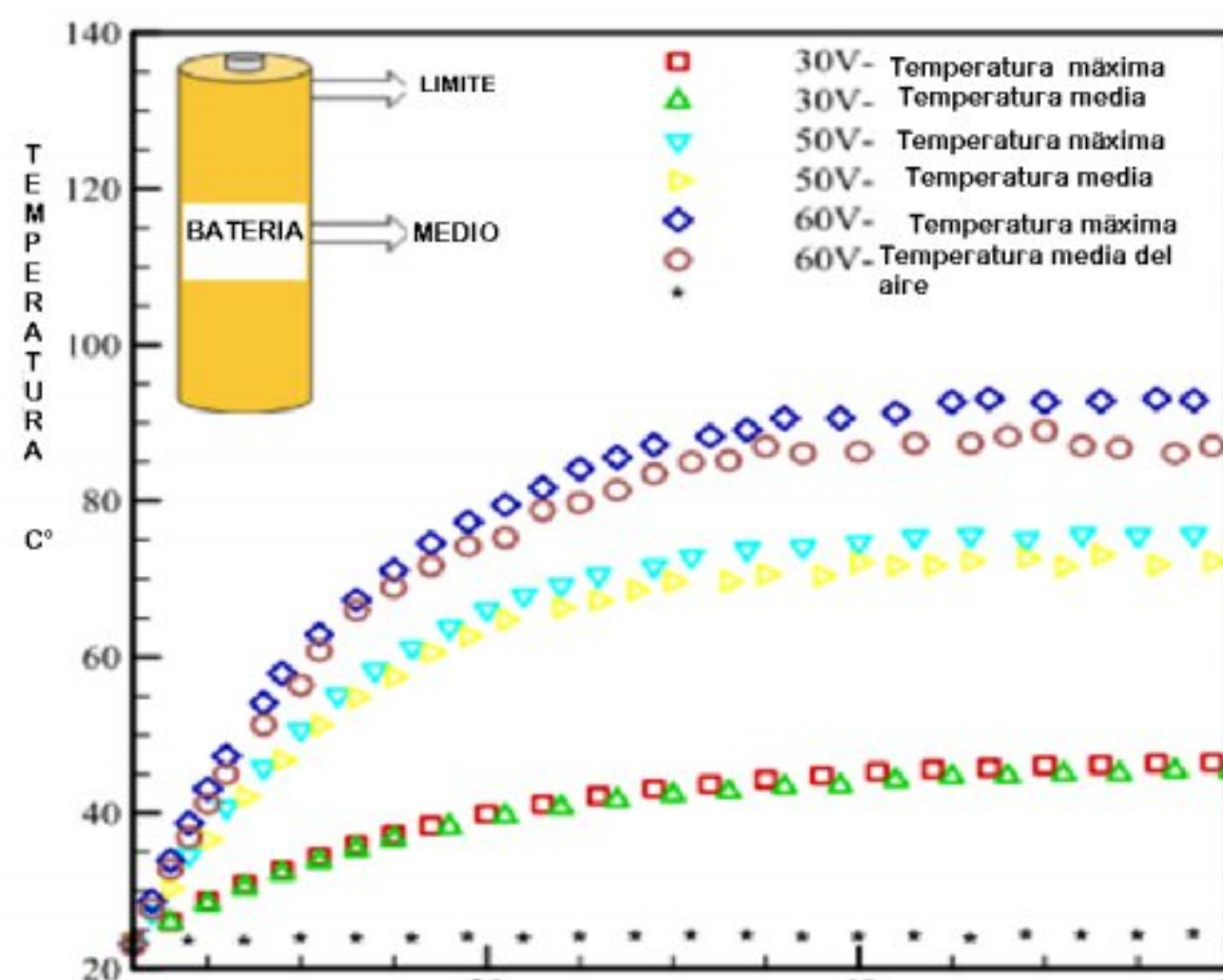


Figura 5. Prueba de respuesta térmica de celda única en aire

Fuente: Y. Lyu, ARM Siddique, SH Majid (2019)

6.2. Batería individual en agua

La temperatura superior, la temperatura media y la temperatura del agua aumentaron ligeramente al mismo tiempo en la refrigeración líquida pura, la temperatura de la batería alcanzó los 24,5°C en unos 50 minutos y se mantuvo casi constante a partir de ahí, la temperatura media de la batería es generalmente más alta que la superior, la temperatura del agua permaneció más baja que la batería la mayor parte del tiempo.

Este enfriamiento líquido es suficiente para manejar el calor generado por una celda y el calor de la bomba en los parámetros dados aquí.

En la tabla 5 se encuentra lo que se experimentó con la batería individual en el agua.

Tabla 5

Batería individual en agua.

Batería individual en agua	Se probó la batería en agua corriente con la bomba y el módulo TEC. El ventilador, la bomba y el TEC recibieron alimentación de 10 V.
	Las curvas correspondientes muestran la tendencia decreciente de todas las curvas junto con el experimento. En esta prueba, la temperatura del agua siempre fue la más baja entre ellos.

Se probó una batería real (batería de iones de litio, BRC 18650, 5000 mAh, 3,7 V) dentro del agua sin ningún soporte de cobre ni sistema de enfriamiento TEC y se graficó la temperatura de la superficie de la batería junto con el tiempo durante 70 min muestra el comportamiento de la temperatura transitoria de una sola celda expuesta al aire y al agua, respectivamente.

Se utilizaron termopares tipo T para medir la temperatura y un registrador de datos Omega-HH374 para registrar datos. los datos de temperatura medidos permanecen dentro del límite de precisión planteado por el sistema de medición.

Fuente: Y. Lyu, ARM Siddique, SH Majid (2019)

En la figura 6 se muestra los valores de aumento y disminución de la temperatura con la prueba realizada en la imagen se encuentra detallado con un icono con su color respectivo cada uno de los valores y el tiempo correspondiente dados en esta prueba.

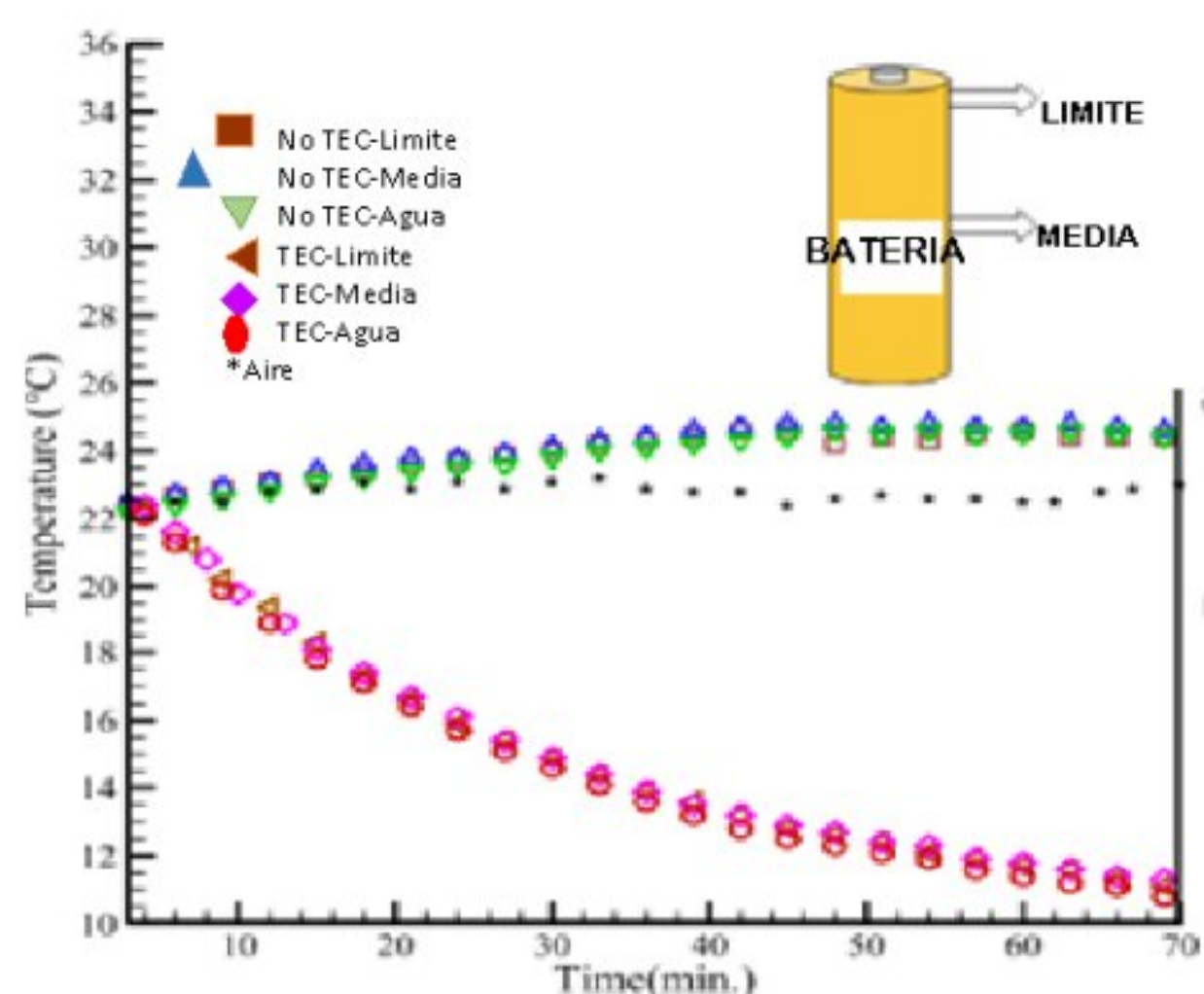


Figura 6. Prueba de respuesta térmica de celda única en agua (refrigeración líquida pura y BTMS basado en TEC, suministro de voltaje del calentador de 40 V).

Fuente: Y. Lyu, ARM Siddique, SH Majid (2019)

En la figura7 muestra el comportamiento de la temperatura transitoria de una sola celda expuesta

al aire y al agua, respectivamente, se utilizaron termopares tipo T para medir la temperatura y un registrador de datos Omega-HH374 para registrar los datos, los datos de temperatura medidos permanecen dentro del límite de precisión planteado por el sistema de medición.

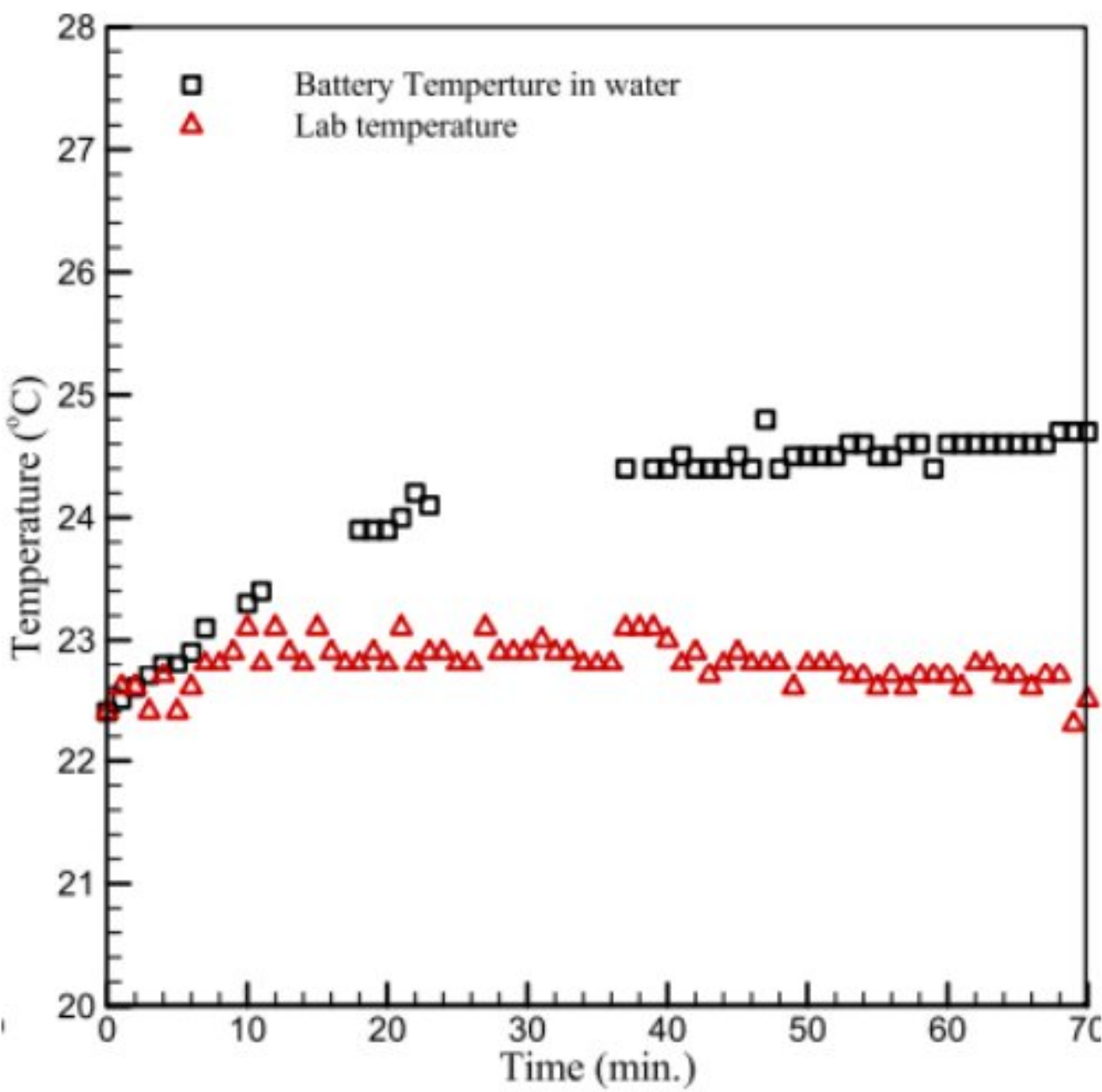


Figura 7. Temperatura real de la superficie de la batería dentro del agua sin TEC.

Fuente: Y. Lyu, ARM Siddique, SH Majid (2019)

6.3. Batería individual en soporte de cobre en el aire

Al comparar estos resultados con la batería solo en la prueba de calentamiento de aire, la temperatura aumentó durante una hora en el experimento grupal de 60 V fue 66°C que es 0.4°C más bajo, pero la temperatura fue varios grados centígrados más baja en los grupos de 30–50 V.

Tabla 6
Batería individual en soporte de cobre en el aire

Batería individual en soporte de cobre en el aire.	Luego, la batería se colocó en el conjunto de cobre colocado sobre una placa de madera para probar el rendimiento térmico.
	Las curvas correspondientes muestran la tendencia decreciente de todas las curvas junto con el experimento. En esta prueba, la temperatura del agua siempre fue la más baja entre ellos.

Como el calentador estaba dentro del soporte, el termopar dentro del soporte de cobre era mayor que el exterior. la diferencia de temperatura aumento de voltaje, la temperatura más alta entre estos dos puntos fue 1.1°C, 1,6°C, 2,9°C y 4.7°C respectivamente (30–60 V).

Fuente: Y. Lyu, ARM Siddique, SH Majid (2019)

En la Figura 8 la celda única en el soporte de cobre en la prueba de respuesta térmica del aire (refrigeración por aire natural, suministro de voltaje del calentador variable de 30 a 60 V). Aquí, interior indica la temperatura de la superficie interior de la carcasa de cobre y exterior se refiere a la exterior.

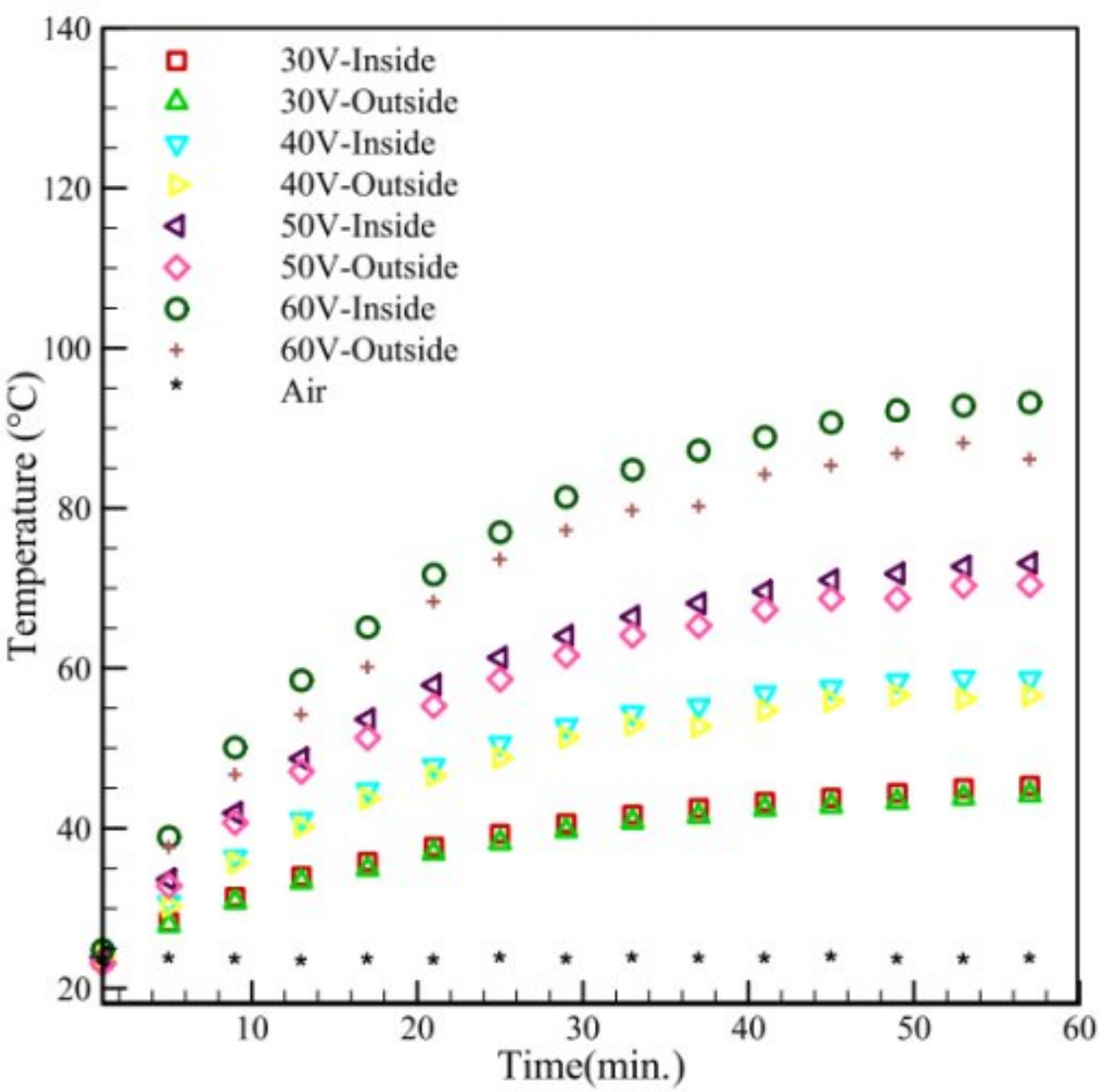


Figura 8. Celda única en el soporte de cobre en la prueba de respuesta térmica del aire.

Fuente: Y. Lyu, ARM Siddique, SH Majid (2019)

6.4. Batería individual en soporte de cobre en agua (voltaje técnico variable)

La temperatura de la superficie de la batería cayó 9.4°C en los primeros 60 min, en comparación con 12,8°C caída de temperatura C en el mismo lugar para la contraparte de la batería sola, existe una notable diferencia en el efecto de enfriamiento entre los diferentes grupos de voltaje, durante los primeros 80 min, el grupo de 10 V disminuyó 10,4°C

y 10.5°C en la superficie de la batería y la superficie del soporte de cobre, para el mismo dominio de tiempo, el grupo de 12 V disminuyó 9,9°C y 10.5°C en la temperatura interior y exterior, el grupo de 8V disfrutó de la menor disminución para el mismo período en 9.1°C, y 9.5°C específicamente.

En la Figura 9 la celda única en el soporte en la prueba de respuesta térmica del agua (BTMS basado en TEC, suministro de voltaje de TEC variable de 8 a 12 V, suministro de voltaje del calentador de 40 V).

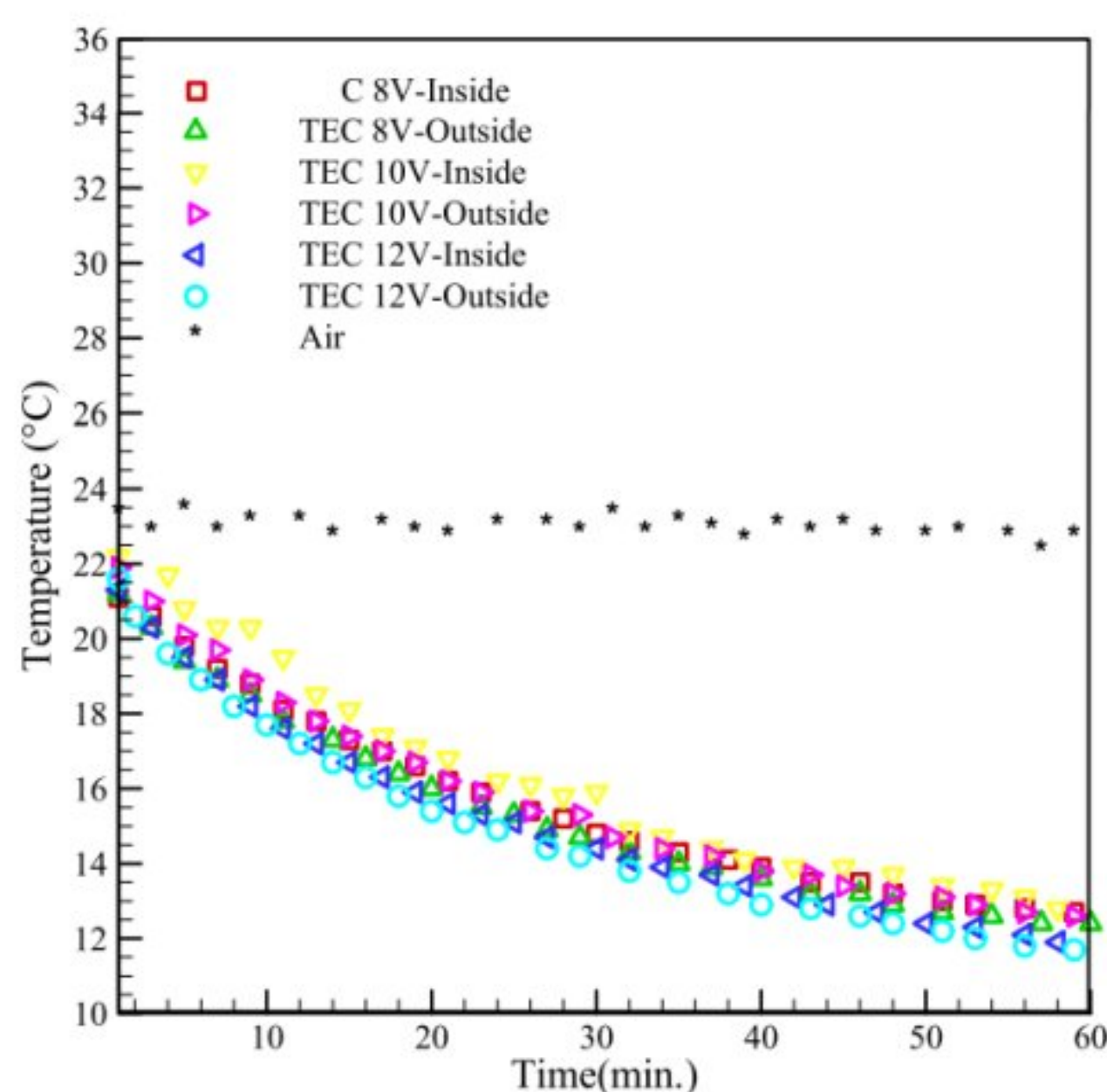


Figura 9. Celda única en el soporte en la prueba de respuesta térmica del agua.

Fuente: Y. Lyu, ARM Siddique, SH Majid (2019)

7 DISCUSIÓN

Estos experimentos duraron alrededor de 60 minutos en total. La temperatura del aire permaneció relativamente constante durante la prueba, la temperatura de la batería aumentó rápidamente en los primeros 30 minutos y gradualmente alcanzó un estado estable después de este período, sin embargo, la temperatura estable para cada suministro de voltaje era completamente diferente.

Mientras tanto, la temperatura de la parte superior y media de la batería es generalmente de varios grados centígrados de diferencia después de las pruebas de una hora. Cuando el suministro de

voltaje era de treinta voltios, la temperatura de la parte superior de la batería era de aproximadamente 46,6°C.

También se puede concluir a partir de estos experimentos que un voltaje más alto conduce inevitablemente a un cambio de temperatura más rápido y una temperatura de la batería más alta. (Alsina, 2018).

Esta parte probó primero el rendimiento de la batería en el agua corriente. El suministro de energía del calentador fue de 40 V constantes. La bomba fue accionada por la fuente de alimentación de 10 V. Las curvas se muestran en con el prefijo "no TEC". Esta parte es una investigación de refrigeración líquida pura. La temperatura superior, la temperatura media y la temperatura del agua aumentaron ligeramente al mismo tiempo en la refrigeración líquida pura. La temperatura de la batería alcanzó los 24,5°C en unos 50 minutos y se mantuvo casi constante a partir de ahí. (Berizzo, 2021)

La temperatura media de la batería es generalmente más alta que la superior, la temperatura del agua permaneció más baja que la batería la mayor parte del tiempo.

Al comparar estos resultados con la batería solo en la prueba de calentamiento de aire, la temperatura aumentó durante una hora en el experimento grupal de 60 V fue 66°C que es 0.4°C más bajo que este titular agregó uno. Pero la temperatura fue varios grados centígrados más baja en los grupos de 30–50 V aquí en comparación con las pruebas de solo batería. (Smooth, 2018)

Esta parte probó el nuevo sistema de enfriamiento TEC-líquido-aire para el conjunto de soporte de cobre y celda de batería. El suministro de voltaje para el módulo TEC se modificó entre 8 V y 12 V, mientras que el voltaje para el ventilador y la bomba se mantuvo constante en 10 V. El suministro de voltaje del calentador quedo en 40 V. Como se muestra, la temperatura de la batería en todos los grupos enumerados disminuyó drásticamente durante los experimentos. En otras palabras, todos los valores de medición de temperatura de la batería no aumentaron.

8 CONCLUSIONES

Esta investigación se basó en el estudio del enfriamiento termoeléctrico en baterías de alto voltaje en vehículos híbridos con una investigación bibliográfica donde se encontró información más relevante de la degradación prematura de las baterías de alto voltaje ya que esto afecta de forma financiera para su propietario y ambiental para nuestro planeta por la contaminación existente de esta batería.

La temperatura aumenta en volumen y la tasa de cambio aumenta significativamente a medida que aumenta el suministro de voltaje. Cuando el voltaje del calentador cambió de 30 V a 60 V, la temperatura constante casi se duplicó, de voltaje de 40 V para el calentador, el sistema híbrido mostró un efecto de enfriamiento mejorado en comparación con el enfriamiento por líquido; que es más deseable que el aire natural.

En aire y agua la consecuencia, en el aire, la inspección mostró una tendencia similar a la del grupo no protegido. En el agua, el sistema de gestión térmica reveló una disminución drástica de la temperatura similar. Sin embargo, la temperatura en este grupo fue ligeramente más lenta que la del solo aire.

La capacidad energética de una batería se reduce a medida que aumenta su temperatura de funcionamiento, a bajas temperaturas también sufre una baja en su rendimiento, y estos cambios drásticos de temperaturas son los que reducen la vida útil, se ha determinado que una batería de alto voltaje llega al fin de su vida útil cuando tiene una pérdida del 20% y 30% de su capacidad de carga.

El problema principal es que el efecto de enfriamiento puede ser muy limitado en determinadas circunstancias, las principales ventajas de los enfriadores termoeléctricos son relativamente silenciosas, estables y confiables por esta razón el enfriamiento termoeléctrico en baterías de alto voltaje resulta ser un beneficio para el propietario y el medio ambiente.

9 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

Gonzalo, G. (13 de diciembre de 2019). Híbridos y eléctricos. Obtenido de Híbridos y eléctricos: <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/tecnologia/enfriamiento-termoelectrico-siguiente-paso-gestion-termica-baterias/20191213105053032098.html>.

Alsina, G. (27 de septiembre de 2018). *diario electronico hoy*. Obtenido de *diarioelectronico hoy*: <https://www.diarioelectronico hoy.com/modulo-termoelectrico-para-automoviles/>

Artés, D. (2012 de marzo de 2012). *Diariomotor Tecmovia*. Obtenido de *Diariomotor Tecmovia*: <https://www.diariomotor.com/tecmovia/2012/03/14/baterias-de-coches-electricos-e-hibridos-hoy-estado-de-la-tecnologia-del-automovil/>

Barbadillo, F. (23 de julio de 2012). *Tecnomovil*. Obtenido de *Tecnomovil*: <http://www.fbelectronica.com/Formacion-1/Hibridos-Electricos%20.htm>

Benegas, P. (31 de enero de 2020). *Es de Latino*. Obtenido de *Es de Latino*: Enfriamiento termoeléctrico combinado por enfriamiento termoeléctrico y sistema de enfriamiento activo

Berizzo, R. (20 de diciembre de 2021). *Portal Movilidad*. Obtenido de *Portal Movilidad*: <https://portalmovilidad.com/opinion-factores-que-afectan-a-la-vida-util-de-la-bateria-de-un-vehiculo-electrico/>

Delgado, A. (18 de octubre de 2020). *Geeknetic*. Obtenido de *Geeknetic*: <https://www.geeknetic.es/Celula-Peltier/que-es-y-para-que-sirve>

Enderson, M. (7 de enero de 2022). *Pinokio*. Obtenido de *Pinokio*: <https://pinokiomag.com/2022/01/07/tamano-del-mercado-de-generador-termoelectrico-para-automoviles-en-2022-crecimiento-estadisticas-tendencias-emergentes-participacion-en-la-industria-demandas-futuras-potencial-analisis-de-prod/>

Gomar, J. (16 de octubre de 2018). *Profesional Review*. Obtenido de *Profesional Review*: <https://www.profesionalreview.com/2018/10/16/>

que-celula-peltier/

Mateos, J. (31 de marzo de 2020). *autofácil*.
Obtenido de autofácil:
[https://www.autofacil.es/coches-electricos-e-
hibridos/refrigeracion-baterias-coche-
hibrido/190158.html](https://www.autofacil.es/coches-electricos-e-hibridos/refrigeracion-baterias-coche-hibrido/190158.html)

Rio Valdes, J. (2005). Teoría lineal del enfriamiento termoelectrico de Peltier. *Superficies y vacío* , 26-29.

Smoot, J. (6 de febrero de 2018). *Digikey*. Obtenido de Digikey:
[https://www.digikey.com/es/articles/choosing-
using-advanced-peltier-modules-thermoelectric-
cooling](https://www.digikey.com/es/articles/choosing-using-advanced-peltier-modules-thermoelectric-cooling)

Solar, D. (8 de noviembre de 2019). *Damia Solar*.
Obtenido de Damia Solar:
[https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/arti-
culos-sobre-la-energia-solar-y-sus-
componentes/temperatura-baterias_1](https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/temperatura-baterias_1)

Solé, R. (11 de julio de 2020). *HardwarEsfera*.
Obtenido de HardwarEsfera:
[https://hardwaresfera.com/articulos/que-es-
celula-peltier/](https://hardwaresfera.com/articulos/que-es-celula-peltier/)

Techinfo. (21 de febrero de 2021). *Techinfo*.
Obtenido de Techinfo:
[https://techinfo.wiki/refrigeracion-termoelectrica-
tec/](https://techinfo.wiki/refrigeracion-termoelectrica-tec/)

