

**SISTEMA DE MANEJO DE CARGA (BMS) PARA UN CONJUNTO DE BATERÍAS**

**JUAN PABLO VILLA ORTEGA**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA  
TECNOLOGÍA EN SISTEMAS ELECTROMECAÑICOS  
MEDELLÍN  
2023**

**SISTEMA DE MANEJO DE CARGA (BMS) PARA UN CONJUNTO DE BATERÍAS**

**JUAN PABLO VILLA ORTEGA**

**Trabajo de grado para optar al título de Tecnólogo en sistemas electromecánicos**

**Asesor Técnico**

**ARLEY FERNANDO VILLA SALAZAR**

**Maestría en Ingeniería**

**Asesor Metodológico**

**ANDRES FELIPE ROMERO**

**Ingeniero Mecánico**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**TECNOLOGÍA EN SISTEMAS ELECTROMECAÑICOS**

**MEDELLÍN**

**2023**

## Tabla de contenido

Introducción .....	10
1. Planteamiento del problema .....	11
1.1 Descripción	
1.2 Formulación .....	11
2. Justificación .....	12
3. Objetivos.....	13
3.1 Objetivo general	
3.2 Objetivo específico .....	13
4. Marco teórico .....	14
5. Metodología .....	22
5.1 Método .....	22
5.2 Instrumentos de recolección de información .....	28
6. Cronograma de actividades.....	30
7. Presupuesto .....	31
8. Resultados.....	32
9. Conclusiones .....	36
10. Anexos Datasheet.....	38
11. Referencias .....	43

## Lista de figuras

Ilustración 1 Esquema de una celda electrolítica	12
Ilustración 2 Proceso de funcionamiento de una batería de litio	14
Ilustración 3 Proceso de funcionamiento de una batería de Li-ion	14
Ilustración 4 Verificación de batería de Li.ion 3.7V al BMS	22
Ilustración 5 Circuito BMS de 2S	24
Ilustración 6 Verificación de Sensores y Hardware	25
Ilustración 7 Montaje del prototipo en tabla de acrílico	25
Ilustración 8 Control de Desconexión de Emergencia y seguridad	26
Ilustración 9 Prototipo del BMS verificado con sus conexiones y funcionando correctamente	33
Ilustración 10 Circuito del prototipo en serie BMS	34

## **Lista de Tablas**

Tabla 1 Cronograma de actividades de ejecución del proyecto	30
Tabla 2 Presupuesto del proyecto	31

## Resumen

Este proyecto de trabajo de grado se centra en la optimización del rendimiento y la prolongación de la vida útil de un conjunto de baterías de iones de litio (Li-ion), que son ampliamente conocidas por su alta eficiencia y densidad de energía, siempre que se mantengan dentro de rangos específicos de voltaje y temperatura.

Para lograr este objetivo, se desarrolla un sistema de gestión de carga que aborda el diseño y construcción de un prototipo. Este prototipo distribuye la carga de manera controlada a través de celdas individuales utilizando un sistema de gestión de batería (BMS), el cual incluye un dispositivo de código abierto (Arduino), sensores de corriente, voltaje, temperatura, y un controlador de carga. Además, se implementan medidas de control y seguridad para garantizar la operación segura del sistema.

En conjunto, este proyecto busca mejorar la eficiencia y la vida útil de las baterías Li-ion a través de un enfoque práctico de gestión de carga.

## **CHARGE MANAGEMENT SYSTEM (BMS) FOR A BATTERY ARRAY**

**“Institución Universitaria Pascual Bravo”**

**JUAN PABLO VILLA ORTEGA**

This undergraduate project focuses on optimizing the performance and extending the lifespan of a set of lithium-ion batteries (Li-ion), which are widely known for their high efficiency and energy density, provided they are maintained within specific voltage and temperature ranges.

To achieve this objective, a charge management system is developed, addressing the design and construction of a prototype. This prototype distributes the charge in a controlled manner through individual cells using a Battery Management System (BMS), which includes an open-source device (Arduino), current, voltage, and temperature sensors, and a charge controller.

Additionally, control and safety measures are implemented to ensure the safe operation of the system.

Collectively, this project aims to enhance the efficiency and longevity of Li-ion batteries through a practical charge management approach.

## Glosario

**Corriente:** *flujo de cargas eléctricas a través de un conductor, como un cable metálico, en un circuito eléctrico cerrado. Estas cargas eléctricas son generalmente electrones que se desplazan en una dirección específica bajo la influencia de un campo eléctrico. La corriente eléctrica es uno de los conceptos fundamentales en la electricidad y juega un papel crucial en el funcionamiento de dispositivos electrónicos y circuitos.* (Sadiku., 2019)

**Temperatura:** *medida de la energía cinética promedio de las partículas que componen una sustancia o un sistema. En otras palabras, refleja qué tan caliente o frío está un objeto, sustancia o ambiente en relación con un punto de referencia. La temperatura está relacionada con la velocidad de las partículas en movimiento dentro de una sustancia.* (Mosca., 2018)

**Voltaje:** *medida de la energía potencial eléctrica por unidad de carga en un sistema eléctrico. En términos más simples, el voltaje es la fuerza impulsora que hace que las cargas eléctricas se muevan a través de un circuito eléctrico.* (Mosca., 2018)

**Protoboard:** *herramienta utilizada en electrónica para crear prototipos de circuitos eléctricos de manera rápida y temporal. Es una placa rectangular con una serie de agujeros conectados eléctricamente en su interior. Estos agujeros están dispuestos en filas y columnas, y cada fila suele estar conectada entre sí a lo largo de la placa, mientras que las columnas no están conectadas entre sí.* (Nashelsky, 1997)

**Batería de Li-ion:** *tipo de batería recargable que utiliza litio como uno de sus componentes principales en ambos electrodos. Estas baterías son ampliamente utilizadas en una variedad de dispositivos electrónicos portátiles, vehículos eléctricos, sistemas de almacenamiento de energía y más debido a su alta densidad de energía, larga vida útil y capacidad de recargarse.* (Vanessa Quintero, 2021)

**Sistema de gestión de baterías (BMS):** *componente fundamental en las baterías recargables,*

*especialmente en las baterías de iones de litio. Su principal función es supervisar y gestionar diversos aspectos del rendimiento y la seguridad de la batería para asegurar un funcionamiento eficiente y seguro. (Valer Pop, 2008)*

**Arduino Nano CH340G:** *variante del popular microcontrolador programable Arduino Nano. La principal característica que distingue al Arduino Nano CH340G es el chip CH340G que se utiliza para la comunicación USB en lugar del chip FTDI que se encuentra en las versiones originales del Arduino Nano. El chip CH340G es un convertidor USB-serial que permite que el microcontrolador se comunique con un ordenador a través de USB. (Blum, 2014)*

## Introducción

En la actualidad, estamos presenciando un notable crecimiento en el desarrollo de dispositivos eléctricos y electrónicos, lo que genera una creciente demanda de sistemas de almacenamiento de energía y baterías que sean asequibles y ofrezcan un buen rendimiento.

En este contexto, los Sistemas de Gestión de Baterías (BMS, por sus siglas en inglés) desempeñan un papel fundamental en una amplia gama de equipos portátiles y dispositivos electrónicos que dependen de baterías recargables para su funcionamiento. Entre los dispositivos móviles que suelen hacer uso de BMS se encuentran los teléfonos inteligentes, tabletas, laptops, vehículos eléctricos, dispositivos portátiles y drones.

Estos sistemas ofrecen características esenciales que incluyen la supervisión y el equilibrio de las celdas, protección contra sobrecargas y descargas excesivas, capacidades de comunicación y control, algoritmos de carga y descarga, así como mecanismos de seguridad y notificaciones.

La importancia del rendimiento de las baterías es innegable en un mundo cada vez más dependiente de dispositivos electrónicos y vehículos eléctricos. No obstante, la degradación gradual de las baterías con el tiempo, producto de los ciclos de carga y descarga, plantea un desafío significativo. En cada ciclo de recarga, esta degradación reduce paulatinamente la capacidad de almacenamiento de energía de las baterías. Para abordar este problema y alargar la vida útil de las baterías, resulta esencial adoptar prácticas adecuadas de carga, como evitar cargarlas antes de que estén completamente descargadas y optar por cargadores de alta calidad.

Al prolongar la vida útil de las baterías mediante estas prácticas y fomentar el reciclaje, estamos en posición de hacer contribuciones sustanciales para mitigar la generación de desechos electrónicos y disminuir nuestro impacto ambiental de manera considerable.

## **1. Planteamiento del problema**

### **1.1 Descripción**

A pesar de las innegables ventajas intrínsecas de las baterías de iones de litio, su ciclo de vida útil y rendimiento se ven amenazados por la ausencia de un control y monitoreo efectivos durante los procesos de carga y descarga. La carencia de un sistema de gestión eficiente conlleva riesgos como la sobrecarga, la sobre-descarga y el desequilibrio de las celdas, factores que contribuyen directamente a la degradación prematura de la batería.

En el contexto de vehículos eléctricos, donde se busca constantemente lograr una mayor autonomía y prestaciones de las baterías, se presenta un desafío adicional. El mercado ofrece una diversidad de Sistemas de Gestión de Baterías (BMS), cada uno con características y parámetros diferentes que pueden adaptarse a necesidades específicas. Estos BMS se diseñan y fabrican de manera genérica para funcionar con diversos tipos de celdas, ya que las baterías eléctricas constan de múltiples celdas conectadas en serie o paralelo para alcanzar el voltaje requerido. Este escenario plantea la necesidad de un enfoque más personalizado y preciso en la gestión de las baterías para optimizar su vida útil y rendimiento.

### **1.2 Formulación**

¿Cuáles son las características necesarias en un Sistema de Gestión de Baterías (BMS) para prolongar la vida útil de las baterías de iones de litio (Li-ion)?

## **2. Justificación**

Esta investigación busca mejorar la confiabilidad y rendimiento de las baterías de litio-ion, optimizando el sistema de carga y prolongando su vida útil. El objetivo es abordar la degradación prematura de estas baterías, lo que, a su vez, contribuirá a la sostenibilidad y eficiencia energética. Al lograr esto, se reduce la generación de estos residuos, al extender la vida útil de las baterías, disminuyendo la demanda de recursos naturales y reduciendo la huella ambiental asociada con su producción y eliminación. Además, la optimización de la eficiencia energética contribuye a la reducción del consumo total de energía para su carga y las emisiones de gases de efecto invernadero, promoviendo así una sociedad más sostenible y ayudando en la lucha contra el cambio climático.

### **3. Objetivos:**

#### **3.1 Objetivo general**

Implementar un sistema de gestión de carga que garantice el funcionamiento eficiente de un conjunto de baterías de iones de litio (Li-ion) al mantenerlas dentro de rangos predefinidos de voltaje y temperatura, a través del desarrollo de un prototipo que integra sensores y sistemas de control, con el propósito de extender su vida útil.

#### **3.2 Objetivos específicos:**

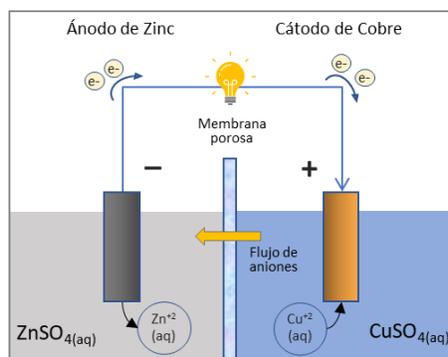
- Diseñar y construir un prototipo de sistema de gestión de carga que incluya sensores de voltaje y temperatura, así como un controlador de carga, para asegurar un monitoreo preciso y control de las baterías.
- Desarrollar un sistema de protección para cada celda del conjunto de baterías, asegurando su funcionamiento seguro durante los procesos de carga y descarga.
- Validar el estado de carga de cada celda a través de un sistema de control que considere la operación interna de las baterías, permitiendo ajustes precisos.
- Implementar un sistema de alerta temprana basado en los sensores de temperatura para detectar y prevenir desviaciones de temperatura fuera de los rangos recomendados en la batería.
- Establecer señales de control y mantenimiento en el Sistema de Gestión de Baterías (BMS) para optimizar su funcionamiento y prolongar la vida útil de las baterías.

#### 4. Marco teórico

El avance tecnológico, especialmente en los sistemas de gestión de baterías (BMS), ha revolucionado los procesos de carga, descarga, mantenimiento y prolongación de la vida útil de las baterías. Este progreso se apoya en conceptos fundamentales como la invención de la pila y la batería, que son cruciales para la forma actual de energía. Para obtener una comprensión más profunda de estos conceptos, se indaga en el libro de “Electroquímica: fundamentos y aplicaciones” de Ángel Vegas, donde se logró comprender un paralelo entre pilas y baterías, resaltando sus diferencias en función básica, composición, capacidad, carga y aplicaciones, las cuales se describen a continuación: (Vasquez, 2013)

En términos de función básica, y desde el libro "Handbook of Fuel Cells: Advances in Electrocatalysis, Materials, Diagnostics and Durability" de (John Wiley & Sons, 2003), una pila es un dispositivo electroquímico que genera energía eléctrica mediante una reacción química entre sus componentes internos, mientras que una batería es un conjunto de celdas o pilas interconectadas diseñadas para almacenar y liberar energía eléctrica a lo largo del tiempo.

En cuanto a composición, así como se puede apreciar en la Ilustración 1, una pila consta generalmente de dos electrodos sumergidos en un electrolito, mientras que una batería está compuesta por varias celdas individuales, conectadas en serie o en paralelo para aumentar la capacidad y el voltaje total.



*Ilustración 1* Esquema de una celda electroquímica

*Fuente: Artículo ¿Qué son las pilas y los acumuladores? Del Ministerio para la Transición ecológica y el reto demográfico, 2007*

En términos de capacidad, en el libro "Batteries in a Portable World: A Handbook on Rechargeable Batteries for Non-Engineers" de Isidor Buchmann (Buchmann, 2001) indican que pilas suelen tener una capacidad más baja en comparación con las baterías, siendo más adecuadas para dispositivos que requieren corrientes pequeñas y discontinuas. Por otro lado, las baterías tienen una mayor capacidad y son capaces de suministrar energía durante períodos más largos, siendo ideales para dispositivos que demandan corrientes más grandes y continuas.

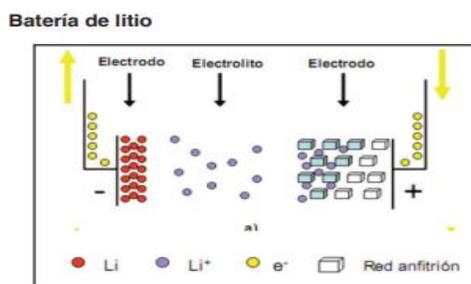
En cuanto a la carga, la mayoría de las pilas primarias son no recargables, mientras que las baterías secundarias recargables están diseñadas para ser recargadas varias veces antes de que su capacidad disminuya significativamente.

Las pilas son ideales para dispositivos de bajo consumo, como controles remotos, relojes y linternas, debido a su capacidad para corrientes pequeñas. En contraste, las baterías, al ser más grandes y recargables, son fundamentales en aplicaciones de mayor demanda energética, como teléfonos móviles, computadoras portátiles, vehículos eléctricos y sistemas de respaldo, desempeñando un papel crucial en la evolución de la tecnología de almacenamiento de energía.

### **Batería Li-ion**

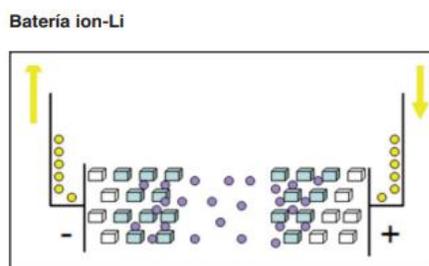
Sobre las baterías de Li-ion R. Iglesias, A. Lago, A. Nogueiras, C. Martínez-Peñalver, J. Marcos, C. Quintans, M.J. Moure, M.D. Valdés, en el documento "Modelado y Simulación de una Batería de Ion-Litio Comercial Multicelda" afirman: "Las baterías de Li-ion tienen una alta densidad de energía, un buen rendimiento a altas temperaturas y son reciclables. Las principales ventajas de las baterías de Li-ion son un bajo efecto de memoria, una alta potencia específica (W/kg), una elevada energía específica (Wh/kg) y una larga vida útil" (R. Iglesias, 2012). De esta apropiada definición se puede interpretar que las baterías de Li-ion son ampliamente utilizadas debido a su alta densidad de energía, pero requieren una gestión y control adecuados para garantizar su seguridad y maximizar su vida útil. También tienen limitaciones en cuanto a su capacidad de suministrar altas corrientes de descarga debido a su mayor impedancia interna.

Estas consideraciones son importantes en aplicaciones como vehículos híbridos eléctricos y vehículos eléctricos. En la Ilustración 2 se ilustra el proceso de funcionamiento de una batería de litio en la que se emplea litio metálico como electrodo negativo contrastada con la Ilustración 3 muestra el funcionamiento de una batería Li-ion.



*Ilustración 2: Proceso de funcionamiento de una batería de litio.*

*Fuente: Artículo de reflexión Fonseca, J. H. Celdas, pilas y baterías de Li-ion una alternativa para. Journal Boliviano de Ciencias. Cochabamba, 2011*



*Ilustración 3: Proceso de funcionamiento de una batería de Li-ion*

*Fuente: Artículo de reflexión Fonseca, J. H. Celdas, pilas y baterías de Li-ion una alternativa para. Journal Boliviano de Ciencias. Cochabamba, 2011*

Cuando analizamos las diferencias entre las baterías de litio y las baterías de Li-ion, podemos destacar varios aspectos. La batería de litio está compuesta por litio metálico como ánodo y utiliza un electrolito no acuoso. Sin embargo, es importante mencionar que estas baterías presentan un mayor riesgo de incendio debido a la inestabilidad del litio metálico, lo que las convierte en menos seguras en comparación con las baterías de Li-ion. Por otro lado, las baterías de Li-ion utilizan un compuesto de litio, como el óxido de litio-

cobalto, como ánodo y pueden contar con un electrolito acuoso o no acuoso. Este diseño contribuye a una mayor seguridad, ya que se evita la reacción inestable del litio metálico y así se obtiene una prevención de fallas o sobrecalentamiento. Además, se complementa dicha batería de Li-ion con el sistema de gestión de baterías o BMS que se encarga del control y gestión avanzada del sistema de almacenamiento.

### **Degradación de las Baterías de Li-ion**

La degradación de las baterías de iones de litio (Li-ion) es un proceso complejo influenciado químico, la carga rápida y los ciclos parciales.

Los ciclos de carga y descarga, son generalmente las veces que una batería se carga y descarga, provocan reacciones químicas internas que desgastan sus componentes con el tiempo. La sobrecarga y sobre-descarga, aunque evitadas por sistemas de gestión de baterías (BMS), pueden causar daños irreparables. Las altas temperaturas aceleran la degradación al provocar reacciones químicas no deseadas, mientras que el envejecimiento químico ocurre a medida que los materiales internos se degradan con el tiempo.

A pesar de la conveniencia de la carga rápida, esta práctica eleva la temperatura de la batería, acelerando su degradación. Por otro lado, en el libro "Lithium-ion batteries: basics and applications" (Korthauer, 2018) se encuentra que al realizar ciclos parciales en lugar de completos puede contribuir a prolongar la vida útil, ya que las celdas sufren menos estrés al no ser llevadas a los extremos de carga y descarga. La investigación continua y el desarrollo de tecnologías avanzadas de gestión de baterías buscan atenuar estos efectos y mejorar la durabilidad y rendimiento de las baterías Li-ion en diversas aplicaciones, desde dispositivos móviles hasta vehículos eléctricos.

### **Sistema de gestión de Batería BMS**

Para ampliar este importante concepto el documento "Sistemas de gestión de baterías (BMS) y su importancia para los sistemas de almacenamiento de baterías (BESS)" (Patarroyo, 2015),

explican que los BMS son componentes cruciales en las baterías de iones de litio (Li-ion), ofreciendo una serie de beneficios fundamentales para asegurar un funcionamiento seguro y eficiente de estas baterías.

Para profundizar en este concepto en el libro "Battery Management Systems for Large Lithium-ion Battery Packs" (Andrea, D., 2010) encontramos que los principales beneficios de los BMS incluyen:

- Seguridad Mejorada: Los BMS monitorean y controlan activamente la temperatura, voltaje y corriente en cada celda, previniendo situaciones peligrosas como sobrecarga, sobre-descarga, sobrecalentamiento y cortocircuitos.
- Prolongación de la Vida Útil: Implementan algoritmos que optimizan la carga y descarga de cada celda, evitando el desgaste desigual y prolongando la vida útil general de la batería.
- Optimización de la Capacidad: Supervisan la capacidad real de la batería, proporcionando estimaciones precisas de la capacidad restante, crucial en aplicaciones como vehículos eléctricos.
- Equilibrio de celdas: Administran el equilibrio de carga entre las celdas, evitando la sobrecarga y problemas de degradación prematura.
- Eficiencia Energética: Contribuyen a la eficiencia minimizando pérdidas de energía durante la carga y descarga, controlando corriente y voltaje para un almacenamiento y liberación óptimos de energía.
- Diagnóstico de Problemas: Identifican y diagnostican problemas dentro de la batería, facilitando la identificación y corrección de fallas antes de que se conviertan en problemas graves.

- **Cumplimiento de Normativas:** En muchas aplicaciones, son requisitos normativos para garantizar la seguridad y rendimiento de las baterías de Li-ion, especialmente en vehículos eléctricos y sistemas de almacenamiento de energía.

Según este documento los Sistemas de Gestión de Baterías desempeñan un papel crucial en la mejora de la seguridad, la eficiencia y la vida útil de las baterías de litio-ion. Su capacidad para monitorear y controlar de manera precisa cada aspecto de la batería es fundamental para garantizar un funcionamiento confiable en una variedad de aplicaciones, desde dispositivos electrónicos hasta sistemas de almacenamiento de energía y vehículos eléctricos.

### **Prototipos de Sistemas de Gestión de Carga para Baterías de Li-ion**

La creación de prototipos de Sistemas de Gestión de Carga para Baterías de Li-ion es un elemento fundamental en esta investigación, ya que representa la aplicación práctica de principios teóricos relacionados con la gestión de estas baterías. Para dar cuenta de esos aspectos claves Bergveld, H. en el libro “Battery Management Systems: Design by Modelling” (Bergveld, 2013) nos menciona algunas premisas importantes de esta fase:

- **Diseño y Configuración del Prototipo:** Se inicia con la selección precisa de componentes electrónicos, como microcontroladores (como Arduino), sensores de corriente, voltaje y temperatura, y controladores de carga. La interconexión y comunicación entre estos componentes también se considera en el diseño.
- **Monitoreo y Medición Precisa:** Los prototipos se centran en la capacidad de monitorear y medir con precisión parámetros críticos de las baterías de Li-ion, utilizando sensores de corriente, voltaje y temperatura.
- **Control de Carga y Descarga:** Utilizando microcontroladores, como Arduino, los prototipos implementan algoritmos diseñados para controlar con precisión la carga y descarga de las baterías, evitando sobrecargas y descargas excesivas.

- **Equilibrio de Celdas:** Se destaca la importancia de equilibrar la carga entre las celdas individuales de la batería para prevenir desequilibrios que podrían reducir la vida útil.
- **Seguridad y Protección:** Además de la funcionalidad principal, se enfatiza la necesidad de medidas de seguridad, como la capacidad de desconectar la batería en condiciones anormales.
- **Desarrollo de Software y Programación:** La programación personalizada del microcontrolador es esencial para controlar y monitorear las baterías, así como para la comunicación con sensores y controladores de carga.
- **Evaluación y Pruebas:** Luego de la construcción, los prototipos se someten a pruebas exhaustivas, incluyendo ciclos de carga y descarga, mediciones de temperatura y voltaje, y simulación de diversas condiciones de funcionamiento.
- **Aprendizaje y Mejoras Continuas:** El proceso es iterativo, aprendiendo de las pruebas y realizando mejoras constantes en diseño y software para optimizar el sistema y alcanzar el objetivo principal de prolongar la vida útil de las baterías de Li-ion.

En resumen, la creación de prototipos es esencial en la investigación, ya que representa la convergencia de teoría y práctica, siendo un proceso iterativo y continuo de aprendizaje y mejora.

### **Control y Seguridad del Prototipo en la Gestión de Carga para Baterías de Li-ion**

El control y la seguridad son aspectos críticos en el prototipo del sistema de gestión de carga para baterías de Li-ion. Según Pop, en el libro “Battery Management Systems: Accurate State-of-Charge Indication for Battery-Powered Applications” (Pop, V., 2008), nos proporciona una mirada más integral sobre este concepto, incluyendo elementos clave como:

- **Control de Carga y Descarga:** El prototipo debe regular con precisión la corriente de carga y descarga para evitar situaciones de sobrecarga o sobredescarga, adaptándose a las

condiciones cambiantes de la batería y el entorno.

- Algoritmos de Control: Basado en algoritmos de software, el control eficiente de la energía implica la detección de cambios en la resistencia interna de las celdas, ajustes de corriente según la temperatura y redistribución de carga para equilibrar las celdas.
- Protección contra Sobrecarga y Sobredescarga: Medidas de protección, como la desconexión automática, son necesarias para evitar daños irreversibles en las baterías ante sobrecargas o sobredescargas.
- Monitoreo Continuo de la Temperatura: Sensores de temperatura garantizan un monitoreo constante para prevenir situaciones peligrosas, como el sobrecalentamiento, activando medidas correctivas como la desconexión.
- Comunicación y Notificación: Para una gestión efectiva, el prototipo puede incluir sistemas de comunicación que notifique a los operadores sobre eventos críticos, utilizando alertas visuales, audibles o transmitiendo datos a un sistema central de monitoreo.
- Cumplimiento de Normativas: Es esencial que el prototipo cumpla con las normativas aplicables en seguridad eléctrica y ambiental, según la aplicación específica del sistema.

El control y la seguridad son esenciales para un funcionamiento confiable y seguro del sistema de gestión de carga. La implementación de algoritmos de control, la protección contra condiciones adversas y la capacidad de desconexión de emergencia son críticas para minimizar riesgos y mantener el rendimiento óptimo de las baterías de Li-ion.

## 5. Metodología

### 5.1 Método:

Este proyecto investiga cómo mejorar la vida útil de un conjunto de baterías mediante la implementación de un sistema de gestión de carga que busca hacer un prototipo de BMS para dicho conjunto de baterías con voltaje nominal de salida de 12V DC para así tener manejo y control de la eficiencia y protección de la batería. Para esto, a continuación, se indica el paso a paso:

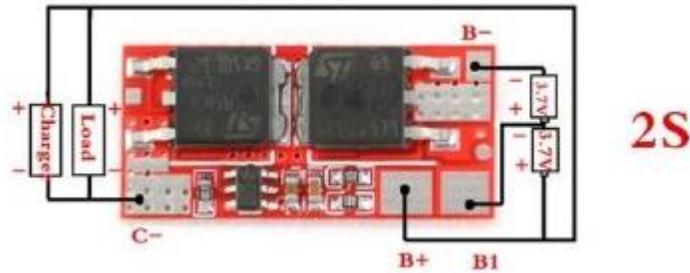
#### Paso 1: Selección de Batería de Litio

Para iniciar el proyecto, resulta crucial emplear baterías de litio cuidadosamente seleccionadas por sus destacadas características. Estas han sido escogidas debido a su bajo mantenimiento, la carencia del efecto memoria y la prescindencia de la necesidad de descargarse completamente para mantener un rendimiento óptimo. Además, exhiben una significativa tasa de auto descarga en comparación con otras tecnologías de baterías. En este proyecto, se han utilizado baterías de Li-ion de 3.7 V 18650 como se observa en la ilustración 4, donde se verifica la capacidad de voltaje al conectarlas al BMS de una sola celda para garantizar su correcto funcionamiento.



*Ilustración 4 Verificación de batería de Li-ion 3.7V al BMS  
Fuente: Elaboración propia*

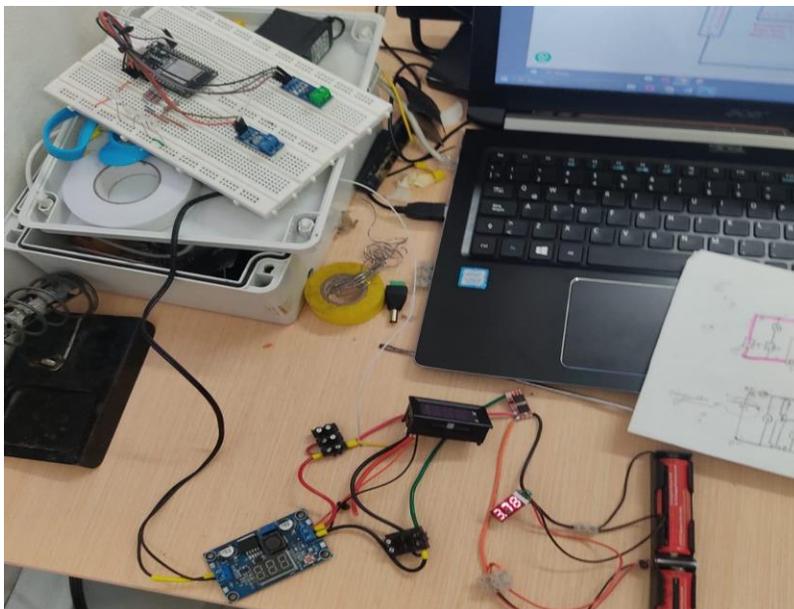
Al investigar y recibir asesoría de profesores y conocedores del tema tratado, se determinó que un BMS de 2S eran el más indicado para hacer el prototipo y partiendo del circuito del BMS que vemos en la ilustración 5, al interpretar dicha ilustración se empezó hacer bien todas las conexiones y seguir con el prototipo correctamente verificando cada paso en el proceso de datos, cargas, descargas e información que da ventajas al cuidado y preservación de la batería de Li-ion.



*Ilustración 5: Circuito BMS de 2S*  
Fuente: Bigtronica

## **Paso 2: Verificación de Sensores y Hardware**

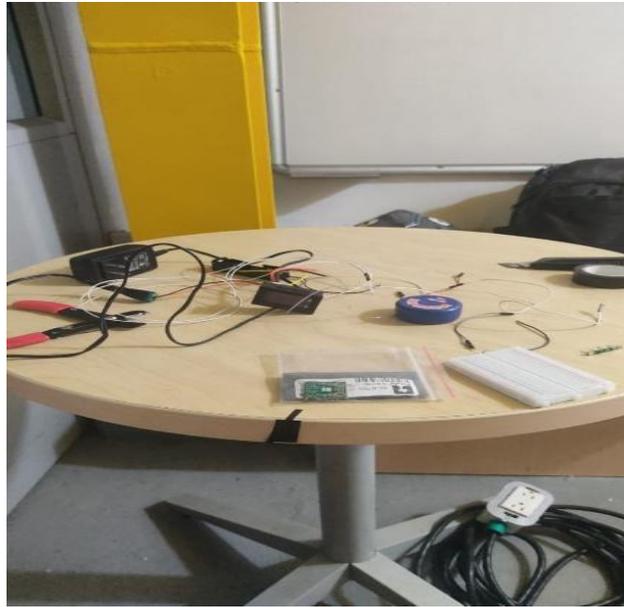
Para asegurar el óptimo funcionamiento del sistema diseñado, se realizan exhaustivas verificaciones. Inicialmente, se determina la ubicación idónea de los sensores de voltaje de 5V de las baterías. Posteriormente, como se muestra en la ilustración 6, se verifica la precisión de los sensores de temperatura DS18B20 y corriente ACS709. Se presta especial atención a la correcta conexión del circuito para prevenir posibles errores o cortocircuitos. Estos pasos son cruciales para detectar de manera temprana cualquier desviación de los rangos recomendados en los sensores de la batería. Una vez confirmada la correcta conexión de los sensores, se procede a conectar el BMS Ilustración 5 y realizar pruebas conectando las baterías en serie, marcando así el inicio de la fase de elaboración del prototipo. Simultáneamente se realiza la sincronización para la conexión de los datos del arduino NANO CH340G con el programa programador.



*Ilustración 6: Verificación de Sensores y Hardware  
Fuente: Elaboración propia*

### **Paso 3: Balance de Voltaje y Validación del Estado de Carga**

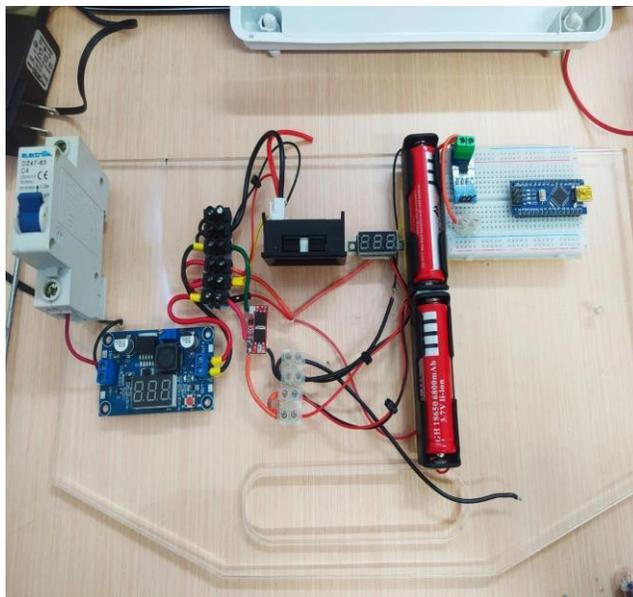
Se realiza el balance de voltaje en las celdas de cada batería. Además, se verifica y valida el estado de carga de cada batería de manera individual mediante un medidor de voltaje digital, evitando así una descarga desigual debido a las operaciones internas de cada una. Esto resulta fundamental para asegurar la igualación de las celdas en la batería y prevenir casos de desequilibrio. Después de estas verificaciones, se procede, como se muestra en la ilustración 7, al montaje completo del proyecto. Para ello, se emplea una tabla de acrílico y todos los materiales mencionados anteriormente.



*Ilustración 7: Montaje del prototipo en tabla de acrílico*  
*Fuente: Elaboración propia*

#### **Paso 4: Control de Temperatura y Desconexión de Emergencia**

El sistema de gestión de baterías está diseñado para evaluar el rendimiento del circuito en condiciones de carga y descarga. En la ilustración 8, se muestra cómo se incorpora un mecanismo de seguridad que puede desconectar el circuito mediante un interruptor conectado a un regulador de voltaje LM2596 sincronizado a 8.4V. Esta configuración garantiza que la entrada de carga no exceda dicho voltaje, lo que es crucial para prevenir situaciones potencialmente peligrosas. Con las conexiones realizadas y los componentes montados en el acrílico como se muestra en la ilustración 7, se logra una disposición ordenada y una presentación más adecuada del proyecto. Además, con el Arduino sincronizado con su respectivo programa, se lleva a cabo la sincronización y los ensayos del prototipo.



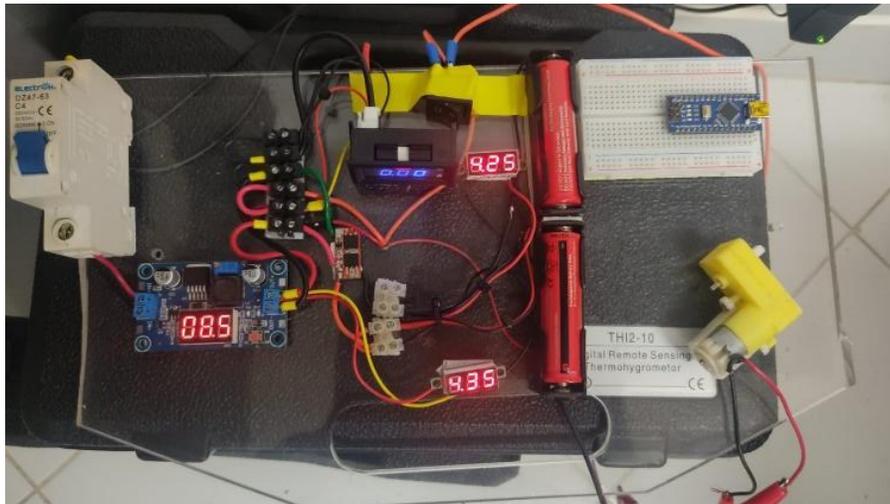
*Ilustración 8: Control de Desconexión de Emergencia y seguridad  
Fuente: Elaboración propia*

### **Paso 5: Beneficios del Sistema de Manejo de Batería**

La generación de señales de control por parte del sistema de gestión de batería no solo agiliza el mantenimiento, incrementa la seguridad y prolonga la vida útil de las baterías, sino que también se traduce en una mayor efectividad y durabilidad en su rendimiento.

Este enfoque paso a paso asegura un manejo eficiente y seguro de las baterías de Li-ion, subrayando la importancia del sistema de gestión de batería para optimizar su funcionamiento y durabilidad. La ilustración 9 evidencia que el prototipo se instaló en su base con todas las conexiones verificadas. Cada batería cuenta con un mini voltímetro 0-30V DC para monitorizar su voltaje máximo y mínimo estando las baterías en serie.

El breque cuenta con un interruptor de seguridad independiente y otro interruptor que facilita la desconexión del adaptador de voltaje de 12V. Cuando se enciende el motor DC de 6-9V, esta descarga las celdas controladamente hasta su mínimo, permitiendo así la funcionalidad del BMS. Los datos de la batería se almacenan y muestran a través de una pantalla LCD display 16x2 con modulo adaptador 12C soldado que se sincroniza con el Arduino, brindando una completa visión de la situación de la batería.



*Ilustración 9: Prototipo de sistema BMS verificado con sus conexiones y funcionando correctamente*

*Fuente: Elaboración propia*

## **5.2 Instrumentos de recolección de información.**

Se utilizan varios instrumentos de recolección de información para monitorear y controlar las baterías. Estos instrumentos se utilizan para obtener datos precisos sobre el estado de las baterías y garantizar su funcionamiento seguro y eficiente. Algunos de los instrumentos comunes incluyen:

- Sensores de voltaje: El sensor de voltaje implementado es VCC<25V. Estos sensores miden el voltaje de cada celda de la batería. Pueden ser utilizados para detectar desequilibrios de voltaje entre celdas, lo que puede ser un indicativo de problemas en la batería.
- Sensores de corriente: Se emplea el sensor ASC709, un componente esencial al medir la corriente que fluye dentro y fuera de la batería. Este sensor no solo contribuye al control preciso de los procesos de carga y descarga de la batería, sino que también cumple una función crucial al detectar corrientes anormales que podrían ser indicativas de posibles problemas.

- Sensores de temperatura: El prototipo utiliza el sensor de temperatura DS18B20 en sonda para monitorear la temperatura de las celdas de la batería. La prevención del sobrecalentamiento es crucial para el rendimiento y la durabilidad de las baterías, y estos sensores desempeñan un papel fundamental al detectar variaciones de temperatura y facilitar la toma de medidas correctivas. Operando en un rango de 3 a 5V, con una resolución configurable entre 9 y 12 bits, y una precisión de  $\pm 0.5$  °C, estos sensores están equipados con una cabeza de acero inoxidable. Además, han sido calibrados en grados Celsius en un amplio rango, desde -55 °C hasta +100 °C.
- Sensores de temperatura: El prototipo utiliza el sensor de temperatura DS18B20 en sonda para monitorear con precisión la temperatura de las celdas de la batería. Dada la importancia de evitar el sobrecalentamiento, estos sensores desempeñan un papel esencial al prevenir posibles daños y facilitar la implementación de medidas correctivas. Con un amplio rango de funcionamiento de 3 a 5V, una resolución configurable entre 9 y 12 bits, y una precisión de  $\pm 0.5$  °C, estos sensores están diseñados con una cabeza de acero inoxidable para garantizar durabilidad y resistencia. Además, han sido calibrados con gran precisión en grados Celsius, abarcando desde -55 °C hasta +100 °C.
- Sistemas de monitoreo y control computarizado: Estos sistemas, al recopilar datos de los sensores mencionados anteriormente, tienen la capacidad de llevar a cabo análisis en tiempo real. Además, cuentan con la capacidad de gestionar tanto la carga como la descarga de la batería, optimizando así su rendimiento y prolongando su vida útil de manera eficiente.

El microcontrolador central en este proceso es el Arduino Nano CH340G, equipado con un ATmega328P. El driver CH340G se puede descargar para su integración fluida. Este microcontrolador opera con un voltaje de alimentación entre 7V y 12V DC, con un voltaje de I/O de 5V. Ofrece 14 pines digitales I/O (incluyendo 6 con capacidad PWM), 8 entradas analógicas y una corriente máxima de entrada/salida de 20mA. Con una memoria FLASH de 32KB (donde 2KB son utilizados por el Bootloader), 2KB de memoria SRAM

y 1KB de memoria EEPROM, el Arduino Nano CH340G proporciona una sólida base para el procesamiento y control de los datos recopilados por los sensores.

- **Sistemas de comunicación:** Los BMS a menudo están equipados con sistemas de comunicación que permiten la transmisión de datos a otros sistemas de gestión centralizados o a dispositivos de control. Esto puede incluir la transmisión de datos a través de una pantalla led.
  
- **Algoritmos de software:** Además de los dispositivos físicos, el software juega un papel crucial en la recopilación y procesamiento de información en un Sistema de Gestión de Baterías (BMS). Los algoritmos implementados en el software analizan los datos provenientes de los sensores y toman decisiones significativas, como la activación de sistemas de seguridad o la optimización de la carga y descarga de la batería. La sinergia entre estos dispositivos de recopilación de datos facilita una supervisión y control efectivos del estado y rendimiento de las baterías en los sistemas de gestión de baterías, permitiendo la ejecución de un mantenimiento oportuno.

## 6. Cronograma de actividades

*Tabla 1 Cronograma de actividades de ejecución del proyecto*

Semana	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>Actividad</b>																
<b>Búsqueda de referencia, asesorías</b>	X	X	X	X		X		X		X		X		X	X	
<b>Analizar artículos</b>				X	X											
<b>Compra de materiales</b>					X	X										
<b>Montaje de prototipo</b>							X	X								
<b>Balancear voltaje y observar carga y descarga</b>									X	X						
<b>Pruebas</b>										X	X					
<b>Corregir errores</b>											X	X				
<b>Conexión</b>												X	X			
<b>Introducción de datos</b>													X	X		
<b>Informe avance de resultados</b>														X	X	
<b>Entrega de trabajo de final</b>																X

## 7. Presupuesto

*Tabla 2 Presupuesto del proyecto*

<b>Cantidad</b>	<b>Producto</b>	<b>Valor</b>	<b>Total</b>
1	Protoboard (ACC-0109) (BB-01)	\$ 24.500	\$ 24.500
1	Adaptador de voltaje 12V - 25A	\$ 13.000	\$ 13.000
1	Voltímetro Amperímetro digital 0-100V 0-10A DC	\$ 23.000	\$ 23.000
1	Arduino Nano CH340G	\$ 48.000	\$ 48.000
1	Circuito de carga BMS 18650 2S 25A - Li-ion LiPo 18650 2S	\$ 15.500	\$ 15.500
1	Sensor corriente ACS709	\$ 35.700	\$ 35.700
8	Leds verdes, rojos (encendido)5MM	\$ 2.000	\$ 2.000
1	Cable UTP cat.5E x metro	\$ 8.000	\$ 8.000
1	Jack Bomera 5x2.1MM	\$ 1.700	\$ 1.700
1	Portapila 18650x2	\$ 2.000	\$ 2.000
2	Batería 18650 6800mAh 3.7V	\$ 24.000	\$ 24.000
1	Termistor NTC 100K	\$ 4.500	\$ 4.500
1	Arduino Nano CH340G	\$ 19,200	\$ 19,200
1	Sensor de Temperatura DS18B20 en Sonda	\$ 20,000	\$ 20,000
1	Fuente Lm2596 Convertidor Dc-dc Reductor Voltímetro	\$17.000	\$17.000
1	Modulo Sensor de Voltaje	\$ 6,000	\$ 6,000
2	Mini Voltímetro 0-30V DC	\$ 8,000	\$ 8,000
1	Motor DC 6-9V Eje Corto	\$ 4,800	\$ 4,800
1	Mano de obra	\$300.000	\$300.000
<b>SUBTOTAL</b>			\$ 576.900
<b>TOTAL</b>			\$ 576.900

Nota: los valores están en pesos colombianos (COP)

## 8. Resultados:

La primera vez que se realizaron todas las conexiones al encender el prototipo, se compraron los productos, luego se hizo el montaje y conexiones con el BMS y baterías al intentar la conexión se detectó un cortocircuito que impidió el avance. Tras asegurar las conexiones, se identificó y corrigió el corto, permitiendo el funcionamiento del breque, este ajuste se hizo para prevenir sobrecargas, y con la fuente Lm2596 Convertidor Dc-dc Reductor Voltímetro regulamos el voltaje con una entrada de 12 V Dc y se regula 8.4V de emergencia activando el mecanismo de ruptura en caso de exceso de energía. En los ensayos que se hicieron en el transcurso de la elaboración del prototipo se evidenciaron que al momento que se conecta el BMS al par de baterías de Li-ion conectadas tipo serie en las cuales sumando el voltaje de salida daban siempre un voltaje muy similar de 4.2 V como máxima carga de entrada y al ver su correcto funcionamiento se ve la importancia de seguridad, mantenimiento y se añadieron indicadores de voltaje para monitorizar la capacidad de las baterías, ajustándose según fuera necesario. Se observó que, al grabar los voltajes, cuando se incorpora un motor de 3V a 6V estas descendían de 4.2 V. a 3.2 V en la primera prueba.

En la segunda prueba al conectar el adaptador de 12V Dc alimentando la carga de entrada, esta empieza a cargar la batería de Li-ion con la carga de celdas del BMS hasta 4.2V en aproximadamente 37 a 45 minutos.

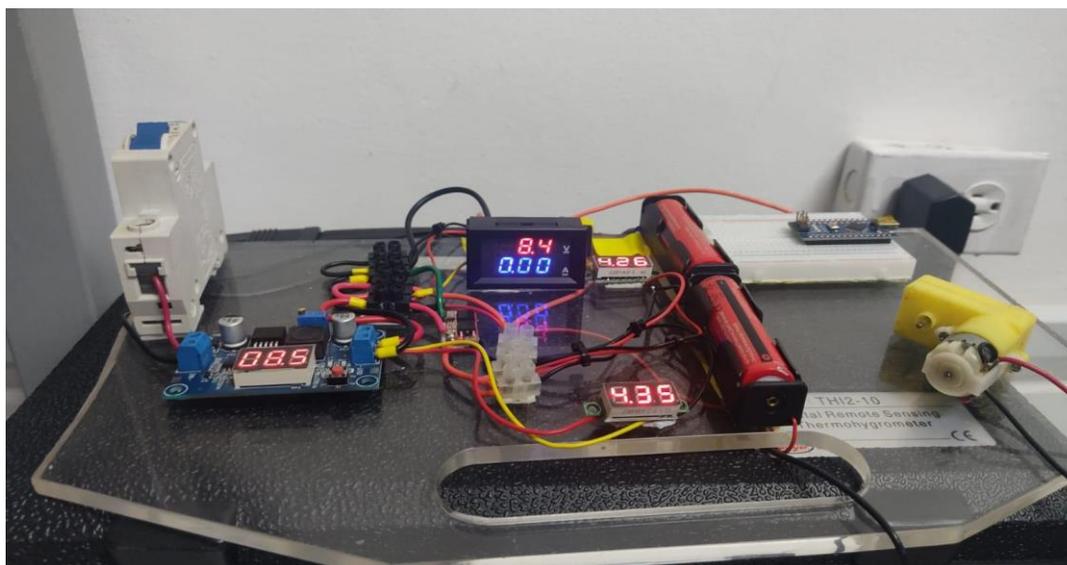
Las conexiones, junto con el BMS, permitieron asegurar la carga automática y descarga en caso de pérdida del voltaje inicial. Se incorporó un interruptor para el control independiente, en la tercera prueba se conectó un motor de 3 a 6 voltios durante la descarga, se evidenció una descarga gradual de ambas baterías, alcanzando aproximadamente 3V a 2.8V cada una. El sistema de BMS demostró un control durante la carga y descarga, y se llevaron a cabo ensayos exitosos de sensores de voltaje, corriente y temperatura para evitar sobrecargas.

Durante la primera vez que se realizaron todas las conexiones y se encendió el prototipo, se detectó un cortocircuito que impidió su funcionamiento. Después de asegurar las conexiones y corregir el cortocircuito, se logró activar el breque y prevenir sobrecargas mediante un ajuste que

permitió regular el voltaje y activar un mecanismo de ruptura en caso de exceso de energía. Durante los ensayos realizados durante la elaboración del prototipo, se observó que al conectar el BMS a las baterías de Li-ion estando en un circuito en serie como se contempla en la ilustración 10, el voltaje de salida siempre se mantenía cerca de los 4.2V, indicando una carga máxima adecuada. Para monitorizar la capacidad de las baterías, se agregaron indicadores de voltaje y se realizaron ajustes según fuera necesario.

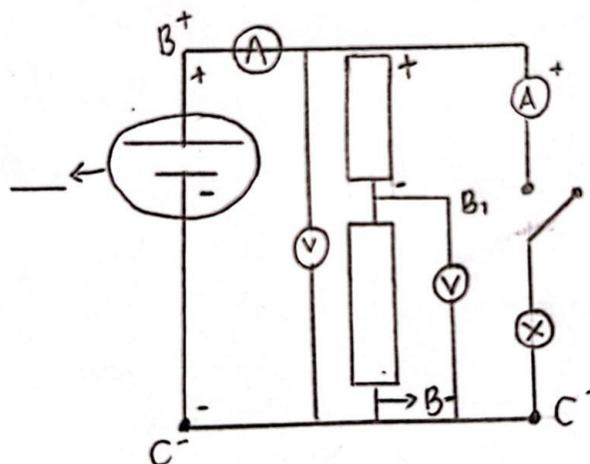
En la siguiente prueba, al conectar un adaptador de 12V, la carga de entrada comenzó a cargar las celdas del BMS hasta alcanzar los 4.2V en aproximadamente 35 minutos a 45 minutos. Además de regular el voltaje, el BMS permitió la conexión de un regulador de protección para garantizar la carga automática y la descarga en caso de pérdida del voltaje inicial se incorporó un interruptor para un control independiente.

Durante la tercera prueba, se conectó un motor de 3 a 6 voltios durante la descarga, y se observó una descarga gradual de ambas baterías, llegando aproximadamente a 2.8V cada una. El sistema de BMS demostró un control preciso durante la carga y descarga, y se llevaron a cabo exitosos ensayos de sensores de corriente y temperatura para evitar sobrecargas.



*Ilustración 9: Prototipo del BMS verificado con sus conexiones y funcionando correctamente*

En la ilustración 9 se puede observar claramente los valores numéricos que indican las características de voltaje. Estos valores representan el estado del prototipo con los sensores de voltaje instalados tanto antes como después del BMS (Sistema de Manejo de Batería). Al conectar el Arduino Nano a la protoboard, se logró una sincronización con los sensores de voltaje, temperatura y corriente, lo cual permitió obtener datos digitales precisos sobre el estado de las baterías de litio Ilustración 10. Se pudo desarrollar no solo un dispositivo capaz de gestionar la carga, sino también de visualizar los datos relacionados con el BMS (Sistema de Manejo de la Batería). Esto permite tener acceso a información precisa sobre la temperatura, voltaje y corriente de las baterías en tiempo real.



*Ilustración 10: Circuito del prototipo en serie BMS*  
*Fuente: Elaboración propia*

El Sistema de Manejo de las baterías (BMS) es esencial para el funcionamiento seguro y prolongación de la vida útil de las baterías de litio. No solo controla la carga y descarga, sino que también evita accidentes como chispazos o explosiones debido a una carga inadecuada. Además, a través de la monitorización continua, el BMS detecta y corrige desequilibrios y sobrecargas, maximizando la capacidad de las baterías. También proporciona información sobre el estado de las baterías, como temperatura y corriente, permitiendo decisiones informadas sobre su uso y mantenimiento. En resumen, el BMS es un componente esencial en sistemas de almacenamiento de energía eficientes y seguros, este dispositivo permite obtener datos precisos para determinar resultados en un tiempo específico. Monitoriza continuamente los valores, evaluando el estado de

la batería y detectando cualquier degradación. A partir de estos resultados, se puede tomar acción para garantizar un rendimiento óptimo. A través de una pantalla, los usuarios pueden monitorizar continuamente el estado de la batería, facilitando así la toma de decisiones y el mantenimiento adecuado del sistema. Gracias a esta funcionalidad, se promueve un uso más eficiente de la energía y se asegura una vida útil prolongada de las baterías, optimizando así el rendimiento general del dispositivo. Esto proporcionó un mayor control para el mantenimiento del sistema. Estos resultados también respaldan la toma de decisiones informadas, especialmente en lo que respecta al reemplazo de las baterías de litio, lo cual fomenta la conservación de la naturaleza y el medio ambiente.

Este enfoque promueve un mantenimiento más efectivo y sostenible, evitando así el desperdicio innecesario y contribuyendo al cuidado responsable de los recursos.

## 9. Conclusiones:

- **Optimización y Rendimiento Mejorado:** se relaciona la carreta sobre el título la misma letra La implementación del Sistema de Manejo de Carga (BMS) emerge como un elemento crucial para la optimización del rendimiento en conjuntos de baterías. La capacidad del BMS para supervisar y controlar la carga y descarga de manera eficiente se traduce directamente en una mejora significativa de la eficiencia energética y en la prolongación efectiva de la vida útil de las baterías. Este enfoque estratégico no solo beneficia el rendimiento operativo, sino que también tiene implicaciones positivas en términos de sostenibilidad y gestión de recursos.
- **Seguridad Reforzada y Respuesta Rápida:** El BMS, además de su papel en la optimización, se destaca por su contribución a la seguridad del sistema de baterías. La activación de sistemas de protección en respuesta a datos anómalos refuerza la seguridad operativa. Sin embargo, su capacidad para proporcionar respuestas rápidas y automáticas ante posibles problemas añade un nivel adicional de seguridad dinámica. Esta capacidad de respuesta ágil no solo mitiga riesgos potenciales, sino que también garantiza la integridad del sistema en entornos cambiantes.
- **Sinergia Crucial entre Software y Hardware:** La investigación resalta la importancia de la sinergia entre el componente físico y el software en el BMS. Los algoritmos de software, que analizan datos de sensores y toman decisiones críticas, dependen intrínsecamente de una infraestructura de hardware robusta para su ejecución eficiente. Esta interconexión refleja la necesidad de abordar tanto aspectos de hardware como de software para lograr un BMS integral y efectivo, subrayando la importancia de la integración tecnológica.
- **Facilitación del Mantenimiento Preventivo:** El BMS se revela como una herramienta esencial para el monitoreo continuo del estado de las baterías, lo que facilita la identificación temprana de posibles problemas. Más allá de su función reactiva, esta capacidad de monitoreo en tiempo real sienta las bases para la implementación de un mantenimiento preventivo. La capacidad de anticipar y abordar posibles problemas antes

de que se conviertan en fallas críticas no solo optimiza la confiabilidad del sistema, sino que también contribuye a la eficiencia operativa a largo plazo.

## 10. Anexos – Datasheet

- Fuente Lm2596 Convertidor Dc-dc

 Ordering & quality
  Technical documentation
  Design & development
  Support & training



**LM2596**  
SNVS124G – NOVEMBER 1989 – REVISED MARCH 2023

---

### LM2596 SIMPLE SWITCHER® Power Converter 150-kHz 3-A Step-Down Voltage Regulator

#### 1 Features

- New product available:
  - [LMRS1430 4.5 to 36-V, 3-A, 500-kHz and 1.1-MHz synchronous converter](#)
- For faster time to market:
  - [TLVM13630 3 to 36-V, 3-A, 200-kHz to 2.2-MHz power module](#)
- 3.3-V, 5-V, 12-V, and adjustable output versions
- Adjustable version output voltage range: 1.2-V to 37-V  $\pm 4\%$  maximum over line and load conditions
- Available in TO-220 and TO-263 packages
- 3-A output load current
- Input voltage range up to 40 V
- Requires only four external components
- Excellent line and load regulation specifications
- 150-kHz fixed-frequency internal oscillator
- TTL shutdown capability
- Low power standby mode,  $I_{q}$  typically 80  $\mu$ A
- High efficiency
- Uses readily available standard inductors
- Thermal shutdown and current-limit protection
- Create a custom design using the LM2596 with the [WEBENCH® Power Designer](#)

#### 2 Applications

- Appliances
- Grid infrastructure
- EPOS
- Home theater

#### 3 Description

The LM2596 series of regulators are monolithic integrated circuits that provide all the active functions for a step-down (buck) switching regulator, capable of driving a 3-A load with excellent line and load regulation. These devices are available in fixed output voltages of 3.3 V, 5 V, 12 V, and an adjustable output version.

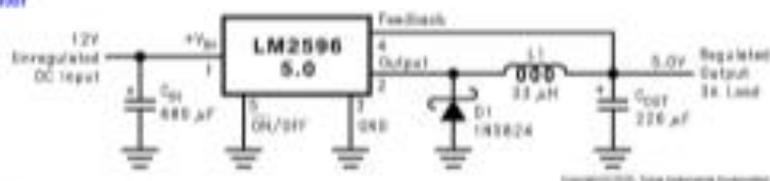
Requiring a minimum number of external components, these regulators are simple to use and include internal frequency compensation, and a fixed-frequency oscillator.

The LM2596 series operates at a switching frequency of 150 kHz, thus allowing smaller sized filter components than what can be required with lower frequency switching regulators. Available in a standard 5-pin TO-220 package with several different lead bend options, and a 5-pin TO-263 surface mount package.

#### Package Information

PART NUMBER	PACKAGE <sup>(1)</sup>	BODY SIZE (NOM)
LM2596	NCH (TO-220, S)	14.990 mm $\times$ 10.16 mm
	RTT (TO-263, S)	10.10 mm $\times$ 8.80 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the data sheet.



(Fixed Output Voltage Versions)

Typical Application



An IMPORTANT NOTICE at the end of this data sheet addresses availability, warranty, changes, use in safety-critical applications, intellectual property matters and other important disclaimers. PRODUCTION DATA.

- Arduino Nano CH340G

## Features

- High Performance, Low Power AVR<sup>®</sup> 8-Bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
  - 131 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 20 MIPS Throughput at 20 MHz
  - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory Segments
  - 4/8/16/32K Bytes of In-System Self-Programmable Flash program memory (ATmega48P/88P/168P/328P)
  - 256/512/512/1K Bytes EEPROM (ATmega48P/88P/168P/328P)
  - 512/1K/1K/2K Bytes Internal SRAM (ATmega48P/88P/168P/328P)
  - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
  - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C<sup>(1)</sup>
  - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
    - In-System Programming by On-chip Boot Program
    - True Read-While-Write Operation
    - Programming Lock for Software Security
- Peripheral Features
  - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler and Compare Mode
  - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
  - Real Time Counter with Separate Oscillator
  - Six PWM Channels
  - 8-channel 10-bit ADC in TQFP and QFN/MLF package
    - Temperature Measurement
  - 6-channel 10-bit ADC in PDIP Package
    - Temperature Measurement
  - Programmable Serial USART
  - Master/Slave SPI Serial Interface
  - Byte-oriented 2-wire Serial Interface (Philips I<sup>2</sup>C compatible)
  - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
  - On-chip Analog Comparator
  - Interrupt and Wake-up on Pin Change
- Special Microcontroller Features
  - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
  - Internal Calibrated Oscillator
  - External and Internal Interrupt Sources
  - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
- I/O and Packages
  - 23 Programmable I/O Lines
  - 28-pin PDIP, 32-lead TQFP, 28-pad QFN/MLF and 32-pad QFN/MLF
- Operating Voltage:
  - 1.8 - 5.5V for ATmega48P/88P/168PV
  - 2.7 - 5.5V for ATmega48P/88P/168P
  - 1.8 - 5.5V for ATmega328P
- Temperature Range:
  - -40°C to 85°C
- Speed Grade:
  - ATmega48P/88P/168PV: 0 - 4 MHz @ 1.8 - 5.5V, 0 - 10 MHz @ 2.7 - 5.5V
  - ATmega48P/88P/168P: 0 - 10 MHz @ 2.7 - 5.5V, 0 - 20 MHz @ 4.5 - 5.5V
  - ATmega328P: 0 - 4 MHz @ 1.8 - 5.5V, 0 - 10 MHz @ 2.7 - 5.5V, 0 - 20 MHz @ 4.5 - 5.5V
- Low Power Consumption at 1 MHz, 1.8V, 25°C for ATmega48P/88P/168P:
  - Active Mode: 0.3 mA
  - Power-down Mode: 0.1 µA
  - Power-save Mode: 0.8 µA (Including 32 kHz RTC)



**8-bit AVR<sup>®</sup>**  
**Microcontroller**  
**with 4/8/16/32K**  
**Bytes In-System**  
**Programmable**  
**Flash**

**ATmega48P/V**  
**ATmega88P/V**  
**ATmega168P/V**  
**ATmega328P**

**Preliminary**

**Summary**

Rev. 8025FS-AVR-08/08



- Sensor de Temperatura DS18B20 en Sonda 3 Metros

PRELIMINARY



## DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire<sup>®</sup> Digital Thermometer

[www.dalsemi.com](http://www.dalsemi.com)

### FEATURES

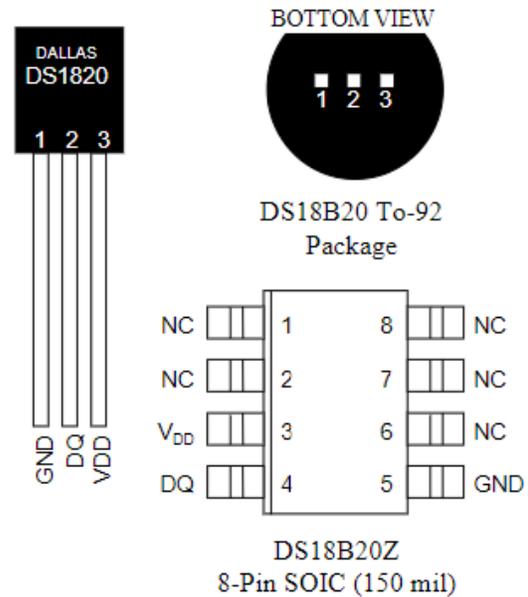
- Unique 1-Wire interface requires only one port pin for communication
- Multidrop capability simplifies distributed temperature sensing applications
- Requires no external components
- Can be powered from data line. Power supply range is 3.0V to 5.5V
- Zero standby power required
- Measures temperatures from -55°C to +125°C. Fahrenheit equivalent is -67°F to +257°F
- $\pm 0.5^\circ\text{C}$  accuracy from -10°C to +85°C
- Thermometer resolution is programmable from 9 to 12 bits
- Converts 12-bit temperature to digital word in 750 ms (max.)
- User-definable, nonvolatile temperature alarm settings
- Alarm search command identifies and addresses devices whose temperature is outside of programmed limits (temperature alarm condition)
- Applications include thermostatic controls, industrial systems, consumer products, thermometers, or any thermally sensitive system

### DESCRIPTION

The DS18B20 Digital Thermometer provides 9 to 12-bit (configurable) temperature readings which indicate the temperature of the device.

Information is sent to/from the DS18B20 over a 1-Wire interface, so that only one wire (and ground)

### PIN ASSIGNMENT



### PIN DESCRIPTION

- GND - Ground
- DQ - Data In/Out
- V<sub>DD</sub> - Power Supply Voltage
- NC - No Connect

## - Sensor corriente ACS709



## ACS709

## High-Bandwidth, Fast Fault Response Current Sensor IC in Thermally Enhanced Package

### FEATURES AND BENEFITS

- Industry-leading noise performance with 120 kHz bandwidth through proprietary amplifier and filter design techniques
- Integrated shield greatly reduces capacitive coupling from current conductor to die due to high  $dV/dt$ , and prevents offset drift in high-side applications
- Small footprint surface-mount QSO-P-24 package
- High isolation voltage, suitable for line-powered applications
- 1.1 mΩ primary conductor resistance for low power loss
- User-scalable Overcurrent Fault level
- Overcurrent Fault signal typically responds to an overcurrent condition in  $< 2 \mu\text{s}$
- Filter pin capacitor acts analog signal bandwidth
- $\pm 2\%$  typical output error
- 3 to 5.5 V, single supply operation
- Factory-trimmed sensitivity, quiescent output voltage, and associated temperature coefficients
- Chopper stabilization results in extremely stable quiescent output voltage
- Ratiometric output from supply voltage



### APPLICATIONS

- Motor control and protection
- Load management and overcurrent detection
- Power conversion and battery monitoring / UPS systems

### PACKAGE: 24-pin QSO-P (suffix LF)

Approximate Footprint



### DESCRIPTION

The Allegro<sup>®</sup> ACS709 current sensor IC provides economical and precise means for current sensing applications in industrial, automotive, commercial, and communications systems. The device is offered in a small footprint surface mount package that allows easy implementation in customer applications.

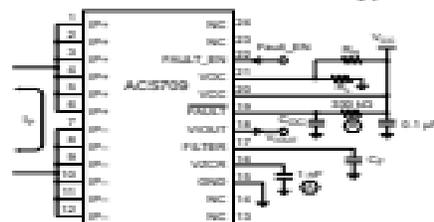
The ACS709 consists of a precision linear Hall sensor integrated circuit with a copper conduction path located near the surface of the silicon die. Applied current flows through the copper conduction path, and the analog output voltage from the Hall sensor IC linearly tracks the magnetic field generated by the applied current. The accuracy of the ACS709 is maximized with this patented packaging configuration because the Hall element is situated in extremely close proximity to the current to be measured.

High level immunity to current conductor  $dV/dt$  and stray electric fields, offered by Allegro proprietary integrated shield technology, provides low output ripple and low offset drift in high-side applications.

The voltage on the Overcurrent Input (VOC pin) allows customers to define an overcurrent fault threshold for the device. When the current flowing through the copper conduction path (between the IP+ and IP- pins) exceeds this threshold, the open drain Overcurrent Fault pin will transition to a logic low state. Factory programming of the linear Hall sensor IC inside of the ACS709 results in exceptional accuracy in both analog and digital output signals.

The internal resistance of the copper path used for current sensing is typically 1.1 mΩ for low power loss. Also, the current conduction path is electrically isolated from the low voltage device inputs and outputs. This allows the ACS709 family of sensor ICs to be used in applications requiring electrical isolation, without the use of opto-isolators or other costly isolation techniques.

### Typical Application



$R_1, R_2$	Sets resistor divider reference for $V_{OC}$
$C_F$	Noise and bandwidth limiting filter capacitor
$C_{OCC}$	Fault delay setting capacitor, 22 nF maximum
	Use of capacitor required
	Use of resistor optional

## 11. Referencias

- Andrea, D. (2010). *Battery Management Systems for Large Lithium-ion Battery Packs*. Estados Unidos: Artech House.
- Bergveld, H., Kruijt, W., Notten, P. (2013). *Battery Management Systems: Design by Modelling*. Alemania: Springer Netherlands.
- Blum, R. (2014). *Arduino Programming in 24 Hours, Sams Teach Yourself*.
- Buchmann, I. (2001). *Batteries in a Portable World: A Handbook on Rechargeable Batteries for Non-engineers*. Estados Unidos: Cadex Electronics.
- Fonseca, J. H. (2011). Celdas, pilas y baterías de Ion-Litio una alternativa para. *Journal Boliviano de Ciencias*, 8(22), 40-47.
- John Wiley & Sons, (2003), *Handbook of Fuel Cells: Fundamentals Technology and Applications*. Reino Unido
- Korthauer, R. (Ed.). (2018). *Lithium-ion batteries: basics and applications*. Springer.
- Mosca, P. A. (s.f.). *Física para Ciencias e Ingeniería*.
- Mosca., P. A. (2018). *Física para Ciencias e Ingeniería*. Cengage Learning (Papel).
- Nashelsky, R. L. (1997). *Instituto Tecnico La Falda*. Obtenido de <https://www.latecnicalf.com.ar/descargas/material/electronicaanalogica/Electr%C3%B3nica%20-%20Teoria%20de%20circuitos,%20%206ta%20Edicion.%20-%20Boylestad.pdf>
- Patarroyo, D. J. R., Porras, R. A. G., & Fajardo, A. F. C. (2015). *Sistemas de gestión de baterías (BMS) y su importancia para los sistemas de almacenamiento de baterías (BESS)*.

Tecnura, 19, 51-56.

Pop, V. (2008). *Battery Management Systems: Accurate State-of-Charge Indication for Battery-Powered Applications*. Alemania: Springer Netherlands.

Sadiku., C. K. (2019). *Fundamentos de Electricidad*.

Valer Pop, H. J. (2008). *Battery Management Systems*.

Vanessa Quintero, O. C. (2021). *Portal Amelica ORG*. Obtenido de <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/339/3392002003/html/index.html>

Vázquez, M. V. (2013). *Fundamentos de electroquímica y aplicaciones seleccionadas: Una ciencia antigua con mucho futuro*. Alemania: Editorial Académica Española.

Whittingham, M. S. (2004). Lithium batteries and cathode materials. *Chemical reviews*, 104(10), 4271-4302.