



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**TEMA:**

**Investigación del proceso de mantenimiento controlado de baterías de alta gama utilizadas en sistemas de propulsión eléctrica.**

**Autores:**

**Gallo Tafur, Diego Fernando  
Valverde Estévez, Cristhian Javier**

**Director:**

**Ing. Mena Palacios, Jorge Stalin**

**Latacunga  
2021**



**“EL CANSANCIO ES TEMPORAL, LA  
SATISFACCIÓN ES ETERNA”**

Anónimo



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# CONTENIDO

**OBJETIVOS**

**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

**META**

**HIPÓTESIS**

**MARCO TEÓRICO**

**DESARROLLO DE LA CONSTRUCCIÓN**

**ANÁLISIS DE RESULTADOS**

**CONCLUSIONES**

**RECOMENDACIONES**



# OBJETIVO GENERAL

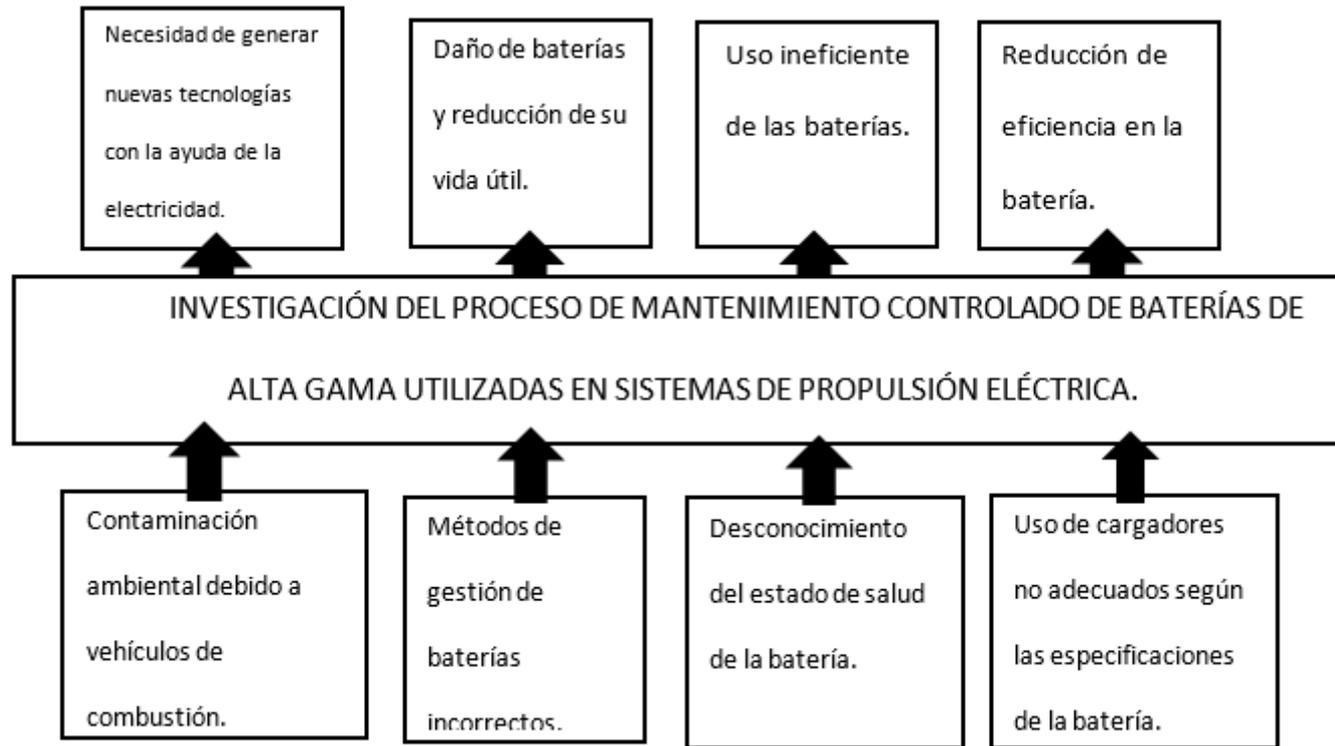
Investigar el proceso de mantenimiento controlado de baterías de alta gama utilizadas en sistemas de propulsión eléctrica.

# OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el proceso de mantenimiento controlado óptimo de las baterías de alta gama para establecer parámetros de carga y consumo según sea requerido.
- Construir un cargador de baterías de alta gama a través de los cálculos y selección de componentes electrónicos para el desarrollo de la investigación del mantenimiento adecuado de baterías usadas en los sistemas de propulsión eléctricas.
- Diagnosticar el estado de la batería a través del monitoreo de los datos obtenidos en tiempo real en forma gráfica con el fin de modificar los parámetros de corriente y voltaje según requiera el usuario.



# PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



# META

- Construcción de un cargador de baterías de alta gama con un control de corriente y voltaje a través de una interfaz digital, cuya alimentación en la red eléctrica sea de 110 o 220v.
- Investigación de parámetros de carga adecuada de baterías de alta gama para determinar las condiciones óptimas en el funcionamiento del cargador y su interacción con la batería.
- Generación de curvas de carga de la batería a través de un software para poseer un control del estado de la batería mientras se realiza la carga con monitoreo de parámetros de carga como la corriente, voltaje y temperatura de la batería con su respectivo control y presentación de los datos de consumo, estado de salud, y porcentaje de capacidad de la batería en tiempo real.



# HIPÓTESIS

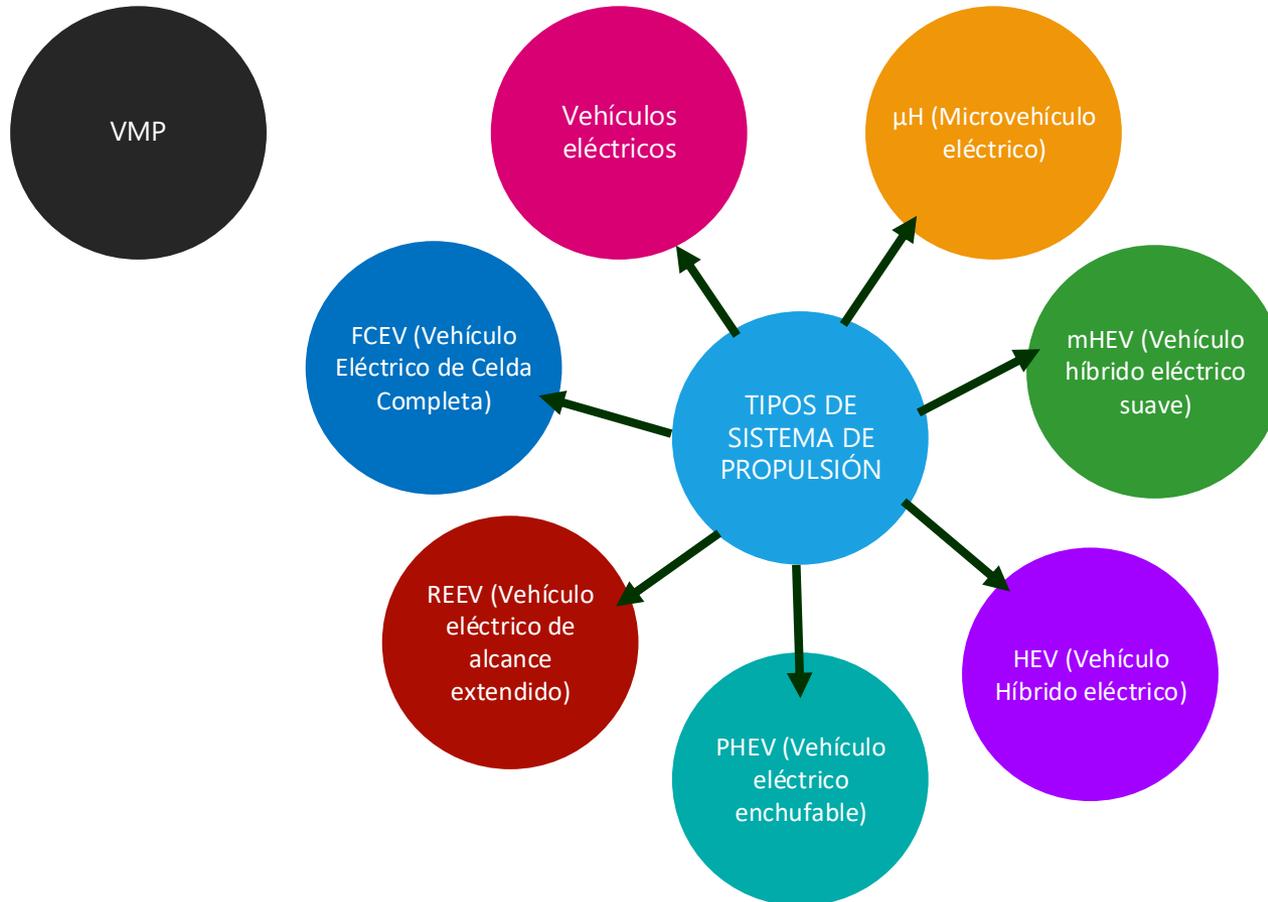
Desarrollar el proceso de mantenimiento controlado de baterías de alta gama para sistemas de propulsión eléctrica permitirá prolongar el tiempo de vida de la batería.



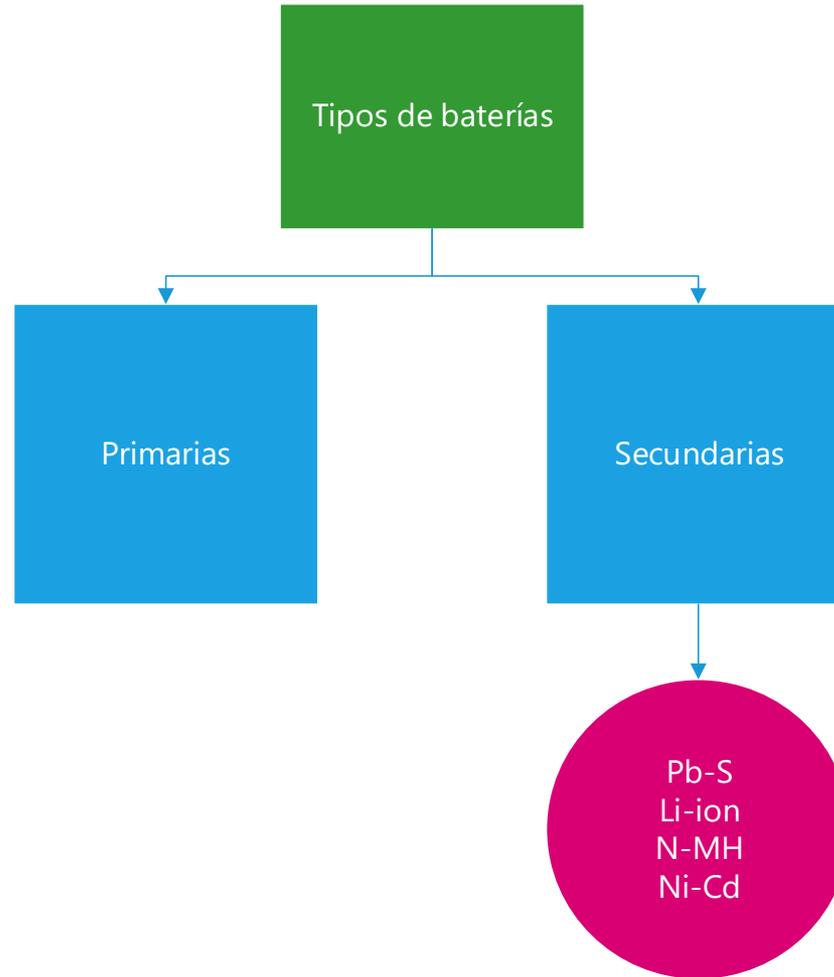
# MARCO TEÓRICO



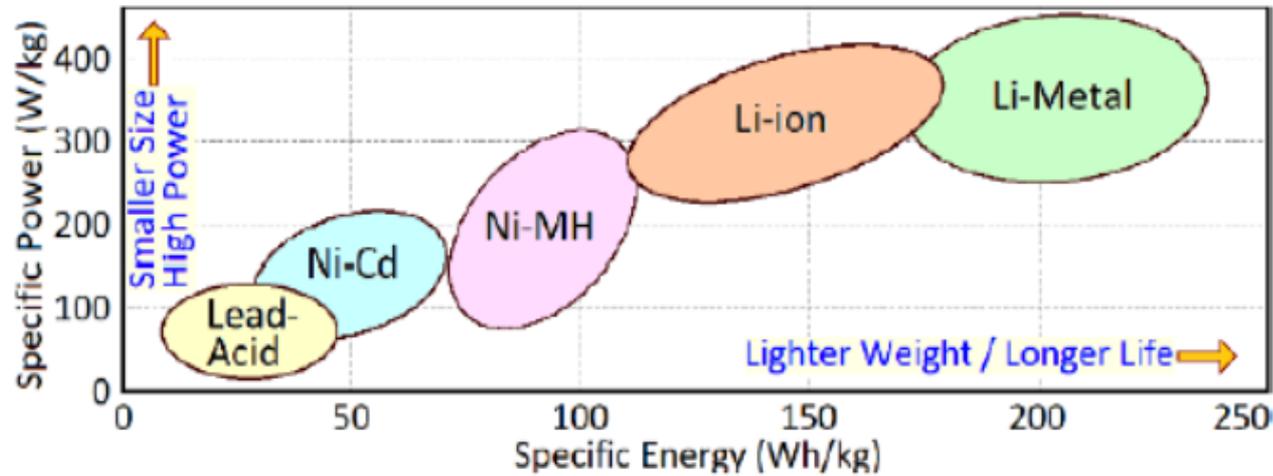
# SISTEMA DE PROPULSIÓN ELÉCTRICO



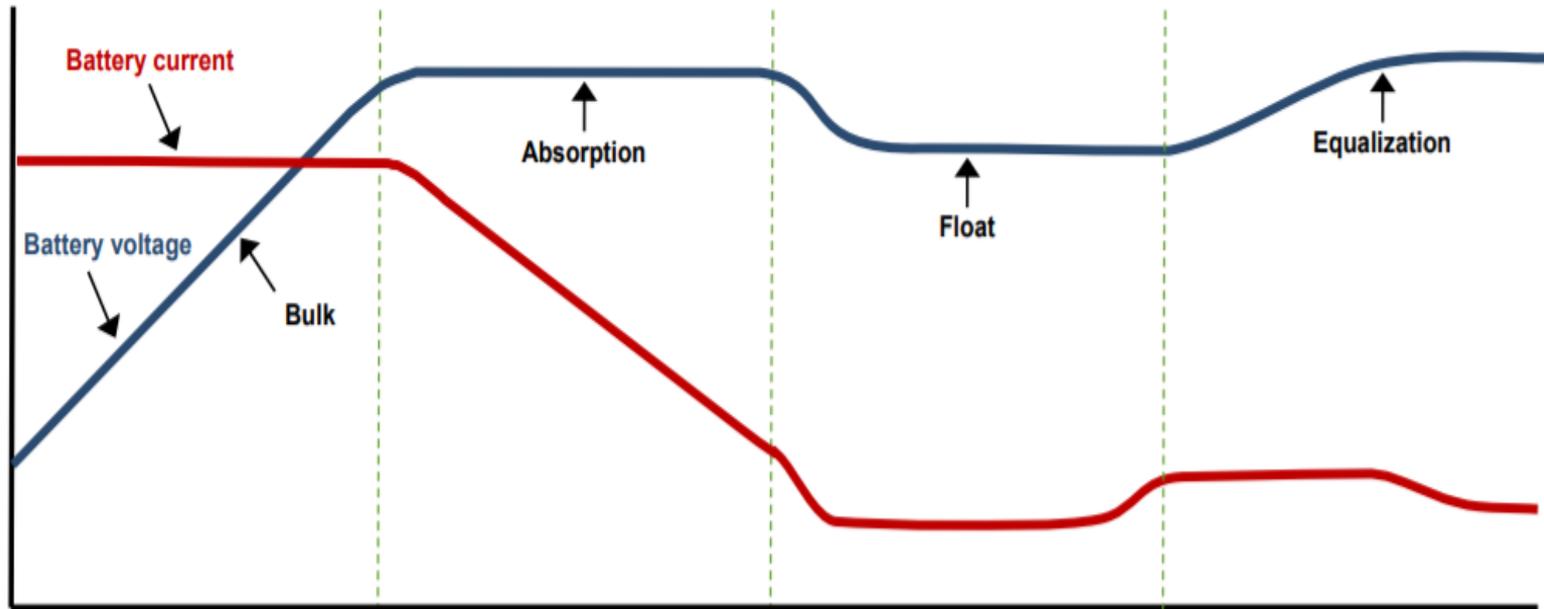
# TIPOS DE BATERÍA



# BATERÍAS DE ALTA TENSIÓN



# Carga de la batería



# SOH

$$Q_{real} = \frac{I_a}{I_s * K_t}$$

$Q_{real}$ =capacidad real de la batería

$I_a$ = Corriente real de prueba

$I_s$ = Corriente Nominal

$K_t$ = factor de corrección para la

temperatura de celda antes de iniciar la prueba

$$SoH = \frac{Q_{real}}{Q_{nominal}} * 100\%$$

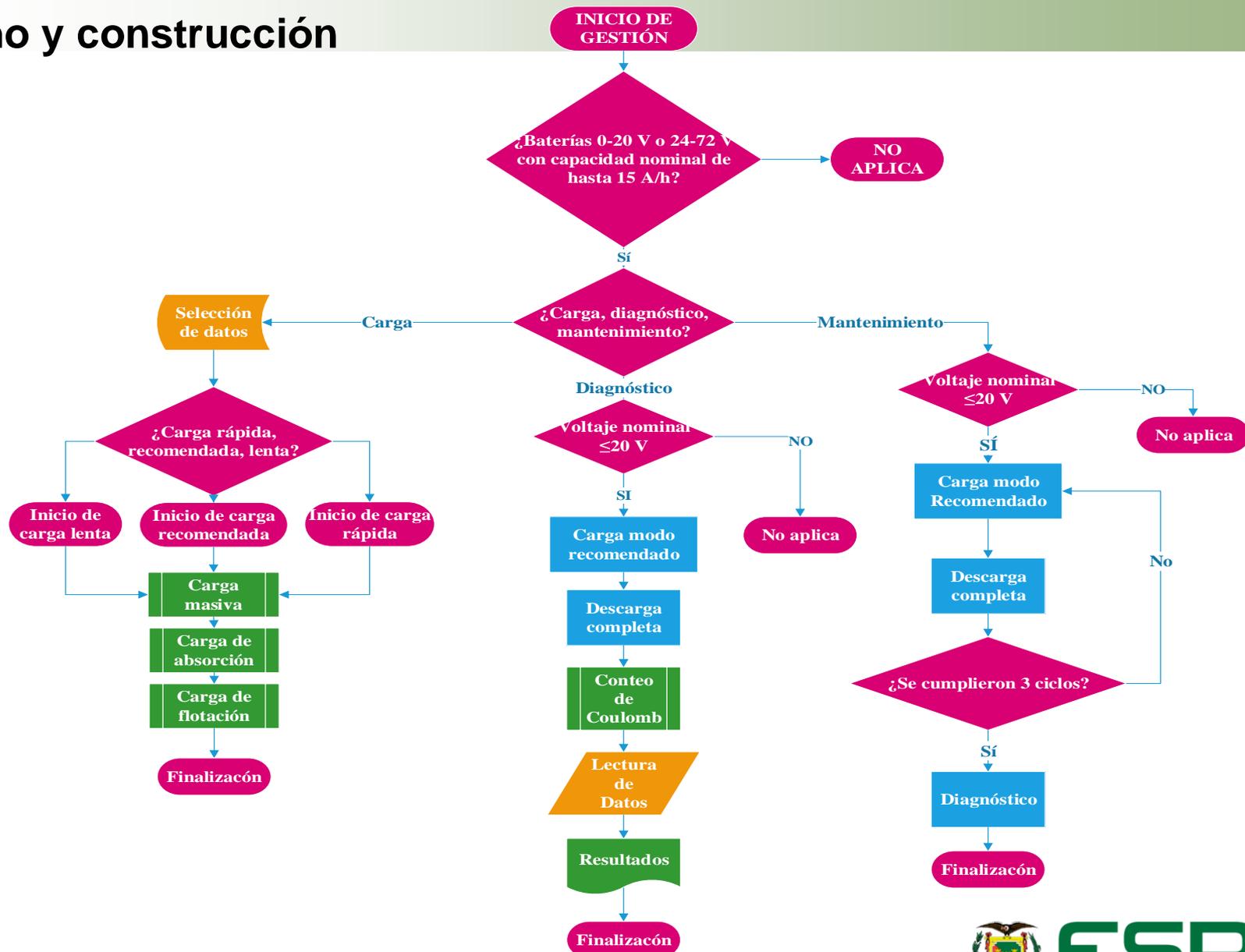
$SoH$ = Estado de salud de la  
batería

$Q_{real}$ = Capacidad real liberable

$Q_{nominal}$ =Capacidad nominal de  
la batería



# Diseño y construcción



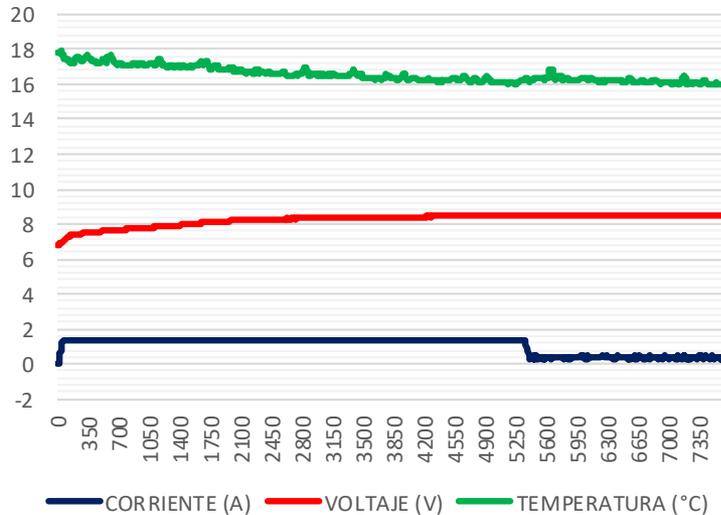
# Interfaz de control



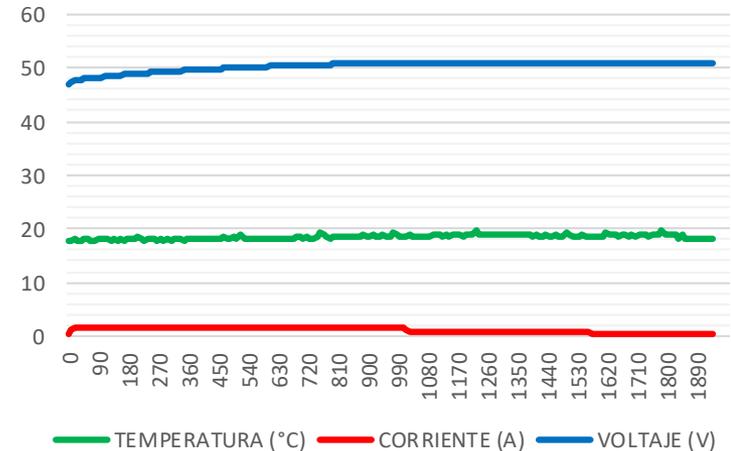
# PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS



# Resultados de carga

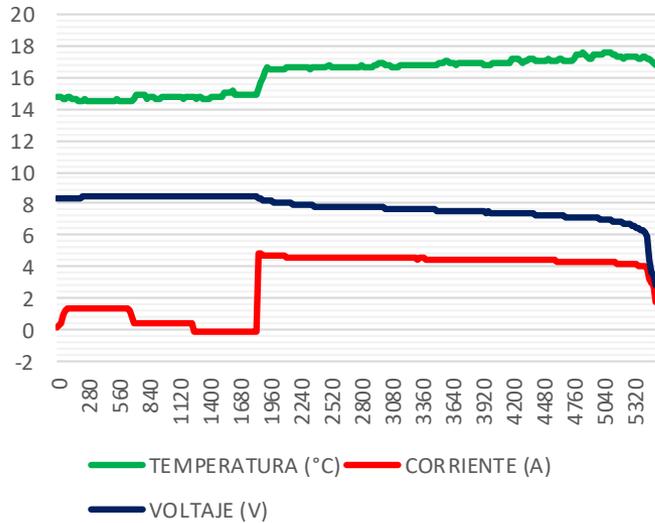


*Voltaje/corriente/temperatura  
vs tiempo carga rápida batería  
7.2 V-6.5 A/h*

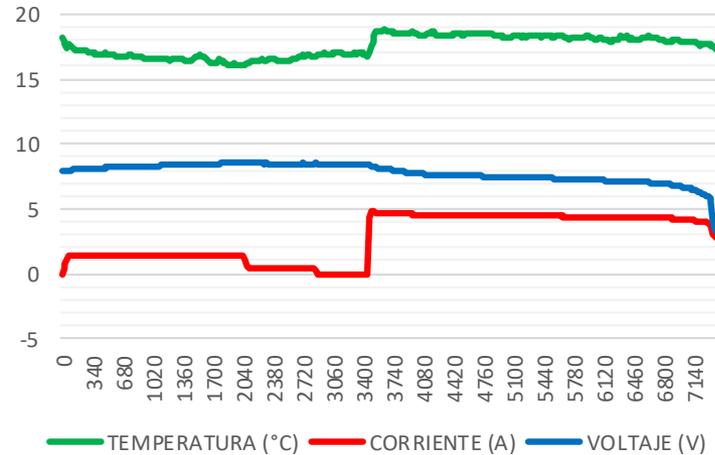


*Prueba de carga rápida batería  
43.2 V-6.5 A/h*

# Resultados de diagnóstico

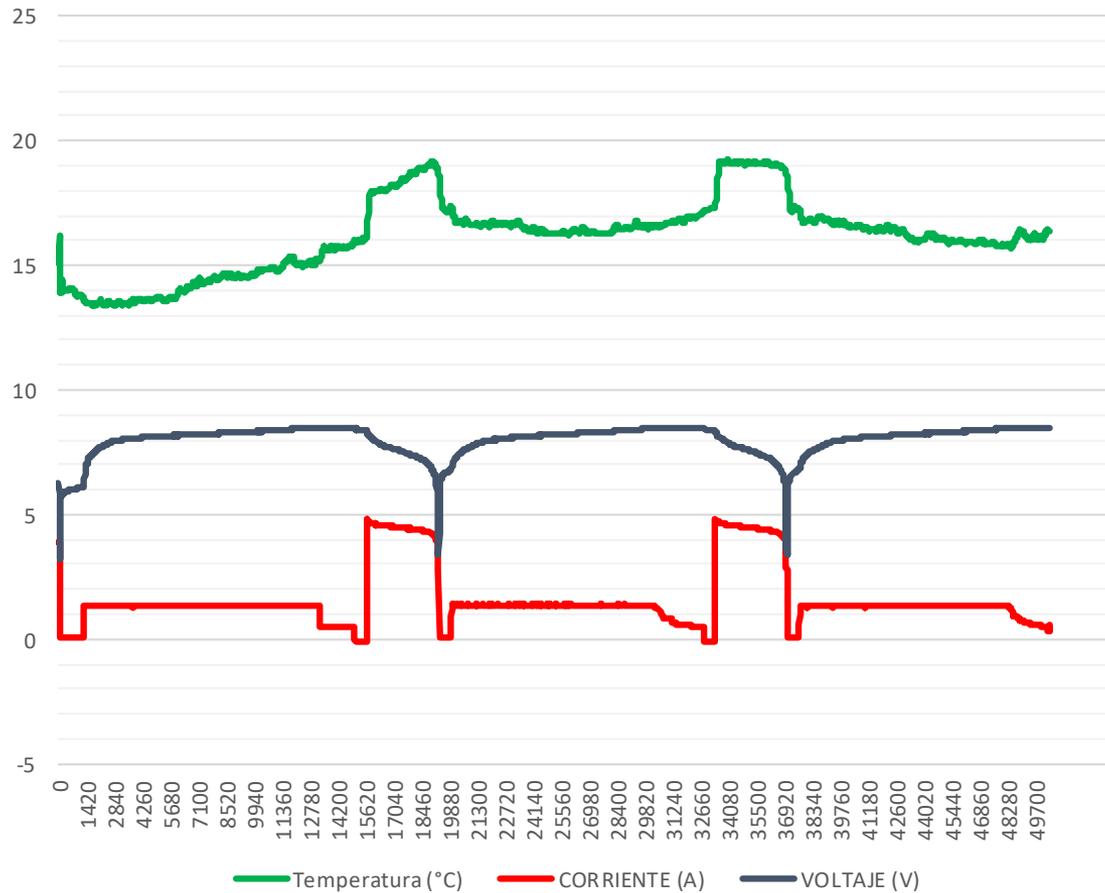


*Temperatura/voltaje/corriente vs tiempo en diagnóstico inicial batería 7.2 V-6.5 A/h*



*Temperatura/voltaje/corriente vs tiempo en diagnóstico final batería 7.2 V-6.5 A/h*

# Resultados de Mantenimiento



***Temperatura/voltaje/corriente vs tiempo en mantenimiento batería 7.2 V-6.5 A/h***



# Análisis de Carga

	Carga Rápida			Carga Media			Carga Lenta		
	M	A	F	M	A	F	M	A	F
Tiempo Voltaje	16 min 40 s	2 min 20 s	17 min	55 min	6 min	1 h 1 min	55 min	Hasta el final	-
Voltaje (V)	10.68-11.3	11.3	11.2	9.96-11.3	11.3	11.26	10.6 - 11.3	11.3	11.3
Razón de Carga	0.039	-	-	0.024	-	-	0.012	-	-
Tiempo Corriente	13 min 40 s	1 min 40 s	Hasta el final	55 min	40 s	Hasta el final	1 hora 46 min	2 min	Hasta el final
Corriente (A)	1.3	0.4	0.4±0.01	1.07	0.65	0.3±0.1	0.57	0.4	0.2±0.1
Tiempo total de Carga	36 min			2 h 2 min 30 s			2 h 30 min		
Temperatura (°C)	13			13-14			15-16		

# Análisis de Diagnóstico

	Inicial	Final
Voltaje inicial de carga (V)	8.26	7.91
Voltaje final de carga (V)	8.5	8.49
Razón de Carga	0.0120	0.0121
Tiempo de carga	20 min	48 min
Temperatura de carga (°C)	15-16	15-16
Voltaje inicial de descarga (V)	8.32	8.35
Voltaje final de descarga (V)	2.81	2.84
Corriente inicial de descarga (A)	4.81	4.27
Corriente final de descarga (A)	1.8	2.71
Tiempo de descarga	1 h 40 s	1 h 6 min
Temperatura de descarga (°C)	17.7-16.37	17-19
SOH	77.93%	83.26%



# CONCLUSIONES

- Se ha determinado el proceso de mantenimiento controlado óptimo en las baterías de alta gama, en el cual, intervienen parámetros de voltaje, corriente y temperatura obtenidos con base a las características nominales de diseño del acumulador, estos son responsables directos de la correcta carga y descarga en un programa de gestión. Los valores de dichos parámetros varían en función de los subprocesos de carga, los cuales tienen relación directa la vida útil de una batería; si en su proceso de carga no recibe un valor adecuado de corriente y voltaje a una temperatura óptima, principalmente en su fase final, se generarán averías y acortamiento de su ciclo de vida, dado que la fase más incidente en un posible daño a la batería es la flotación, debido a que si ha llegado a su voltaje máximo y se sigue alimentándola no se podrá elevar en una sobrecarga sino se generará un efecto de absorción de corriente masiva en el acumulador y por ende se produce daños en su estructura, del mismo modo el ignorar los límites de profundidad de descarga como voltaje de corte y DoD, generarán un efecto similar. Los límites de carga y descarga que se han descrito en el presente proyecto aseguran un mantenimiento adecuado en baterías ya que consideran todos los valores que intervienen en la gestión de la misma.



- Se ha construido un sistema de gestión de baterías en un rango de 0 a 20 Voltios y 24 a 72 Voltios con una capacidad nominal de hasta 15 A/h, basado en la selección de elementos cuya base ha sido la investigación del proceso adecuado de carga y descarga de una batería. La potencia máxima de trabajo en el sistema es de 255.42 Watts, la cual ha sido determinada en función de los límites y rangos permitidos en un ciclo de gestión con el fin de precautelar la vida útil de la batería.
- Se ha generado un programa de diagnóstico de vida útil de la batería con función a su parámetro SoH, el cual se centra en la relación directa que tiene la capacidad real de la batería versus su capacidad nominal, tomando en cuenta los factores intervinientes en las mediciones de corriente y voltaje, dando como resultado una condición numérica para la evaluación del posible reemplazo de una batería en el sistema para el que fue diseñado, dicho dato porcentual de vida no debe ser menor al 80%.

# RECOMENDACIONES

- Es necesario enfatizar el estudio del comportamiento de las baterías en un sistema de gestión tomando en cuenta factores en el ambiente como la presión atmosférica, la humedad, etc. Y de cómo estos factores influyen o no en el desarrollo de una gestión óptima.
- Para futuras investigaciones, determinar la relación del número de ciclos de carga y descarga y la relación directa con la vida útil de la batería, es necesario determinar un número máximo de ciclos permisibles en un programa de mantenimiento.
- Se recomienda incrementar la potencia del sistema de gestión de la batería y analizar los cambios en el comportamiento de los módulos y controladores en el proceso, debido que, a mayor corriente de carga y descarga, los elementos que intervienen en el sistema tienen un desempeño distinto al descrito en este proyecto.