

**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Carrera de Ingeniería Automotriz**

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz

Tema: “Procesos de operación, diagnóstico y mantenimiento de baterías de alta tensión utilizados en vehículos híbridos y eléctricos”

Autores:

Cajas Parra, Juan Francisco

Gualoto Toapanta, Jonathan Armando

Tutor:

Ing. Erazo Laverde, Washington Germán, MSc

Latacunga, 13 Marzo 2024





“La diferencia entre quien quieres ser y quién eres es lo que haces”

-Robert Kiyosaki



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Contenido

Marco Metodológico

- Antecedentes
- Planteamiento del problema
- Objetivos
 - General y específicos
- Metas



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Marco teórico

- Movilidad eléctrica
- Baterías ion-litio
- Baterías níquel metal hidruro
- Parámetros que definen el estado de la batería



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Protocolo del proceso de operación

- Materiales y equipos
- Diagnóstico y mantenimiento de la batería de alta tensión del Toyota Prius PHV y del Toyota Highlander.
- Diagnóstico con escáner del Toyota Prius PHV y Toyota Prius C

Conclusiones

Recomendaciones



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Antecedentes

En Ecuador se comenzó a promover activamente la adopción de vehículos eléctricos e híbridos, realizando campañas de concienciación y educación sobre los beneficios ambientales y económicos de estos vehículos



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Planteamiento del problema

Las baterías de alta tensión desempeñan un papel crítico en los automóviles eléctricos e híbridos. Su correcta operación, diagnóstico y mantenimiento son esenciales para garantizar la eficiencia, la durabilidad y la seguridad de estos sistemas.

El mantenimiento de baterías de alta tensión se centra en prolongar la vida útil de la batería y garantizar su rendimiento óptimo. Esto implica la gestión activa de la temperatura de la batería, la prevención de la sobrecarga y la descarga excesiva, y la corrección de desequilibrios entre celdas.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Objetivo general

Investigar los procesos de operación, diagnóstico y mantenimiento de baterías de alta tensión utilizadas en propulsión eléctrica.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Objetivos específicos

- Investigar información referente a baterías de alta tensión utilizados en movilidad eléctrica.
- Definir los parámetros de operación y comportamiento de baterías de alta tensión.
- Definir PID's y flujos de datos de baterías de alta tensión.
- Conocer cuáles son los protocolos de diagnóstico, reparación y mantenimiento de baterías de alta tensión.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Metas

Realizar el diagnóstico y mantenimiento de baterías de alta tensión aplicadas en vehículos híbridos y eléctricos en función de normas y parámetros establecidos por los fabricantes con una precisión del 90%.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Movilidad eléctrica

Se fundamenta en la locomoción a través de un sistema eléctrico

Desarrollo económico y la calidad de vida de las ciudades

Desarrollo y constante crecimiento en tecnologías

Incidencia de los gases contaminantes al medio ambiente



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Baterías Ion-litio

Generalmente se las emplea en vehículos eléctricos

Las baterías de ion litio son menos contaminantes y más respetuosas con el medio ambiente.



Mayor densidad energética

Pierden una cantidad mínima de carga cuando no están en uso

Mayor número de ciclos



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

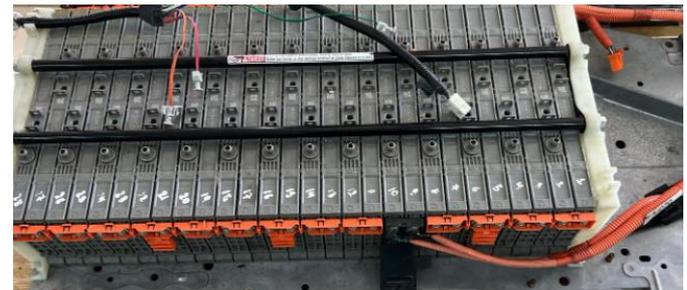
Baterías Níquel metal hidruro

Las baterías de Ni-MH pueden funcionar bien en temperaturas extremas, lo que las hace adecuadas para aplicaciones en climas fríos o calientes

300 a 500 ciclos de carga

Esta batería posee menor densidad energética en comparación a la de litio

El costo de estas baterías son menor en comparación a las baterías de ion litio



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Parámetros que definen el estado de la batería



Estado de carga (SOC)

$$\%SOC_t = SOC_0 - \frac{I_{carga} \times t}{C_{batería}}$$



Profundidad de descarga (DSOC)

$$\%DSOC = 100\% - SOC$$



Estado de salud (SOH)

$$SOH = \frac{C_{Real} \times 100}{C_{Nominal}}$$

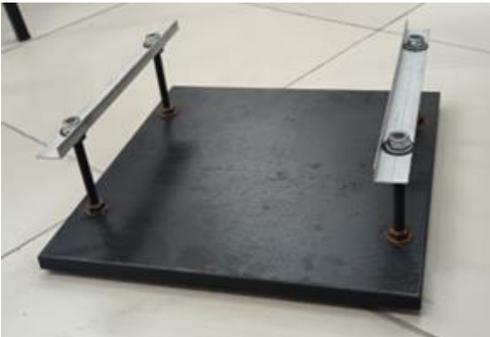


Resistencia Interna

$$R_B = \frac{V_0 - V}{I}$$



Materiales y equipos



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Baterías utilizadas



Nº de packs: 28
Voltaje por pack: 7,2 V
Voltaje nominal: 201,6 V
Capacidad: 6.5 A/h
Autonomía: 1.3kWh/2 km

Nº de packs: 30
Voltaje por pack: 9.6 V
Voltaje nominal: 288 V
Capacidad: 6.5 A/h
Autonomía: 1,8 kWh/ 3km



Nº de packs: 14
Voltaje por pack: 14,4 V
Voltaje nominal: 201,6 V
Capacidad: 6.5 A/h
Autonomía: 1.3kWh/2 km



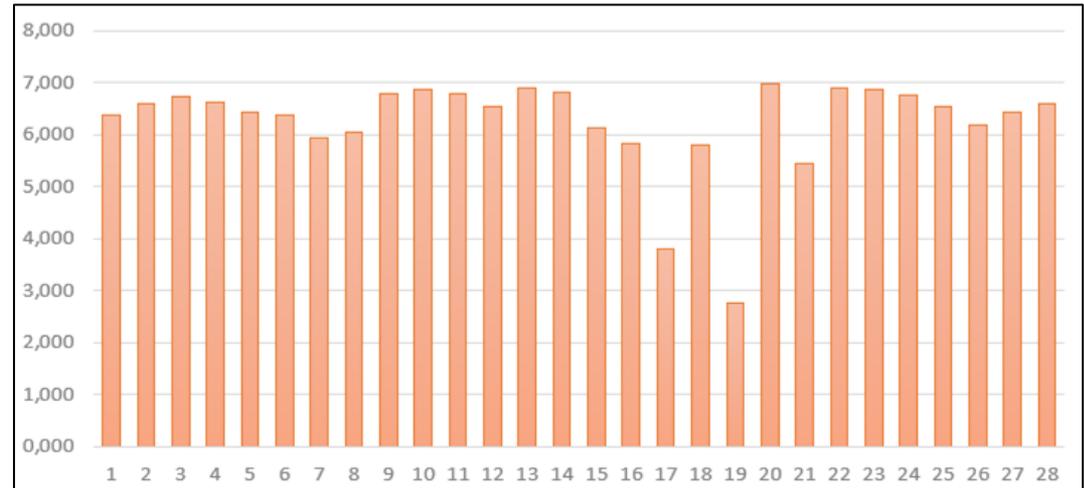
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Diagnóstico y mantenimiento Toyota Prius 28 packs

Estado inicial



Datos obtenidos



$$V_{Max} = 7,2 \times 1,2 = 8,64V$$

$$V_{Min} = 7,2 \times 0,8 = 5,76V$$

- Pack 17 con 3,802 V
- Pack 19 con 2,772 V



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Estado físico



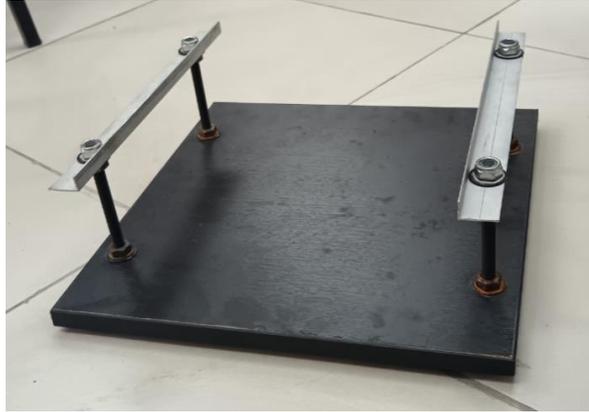
Limpieza de chapas



Inspección visual de los packs

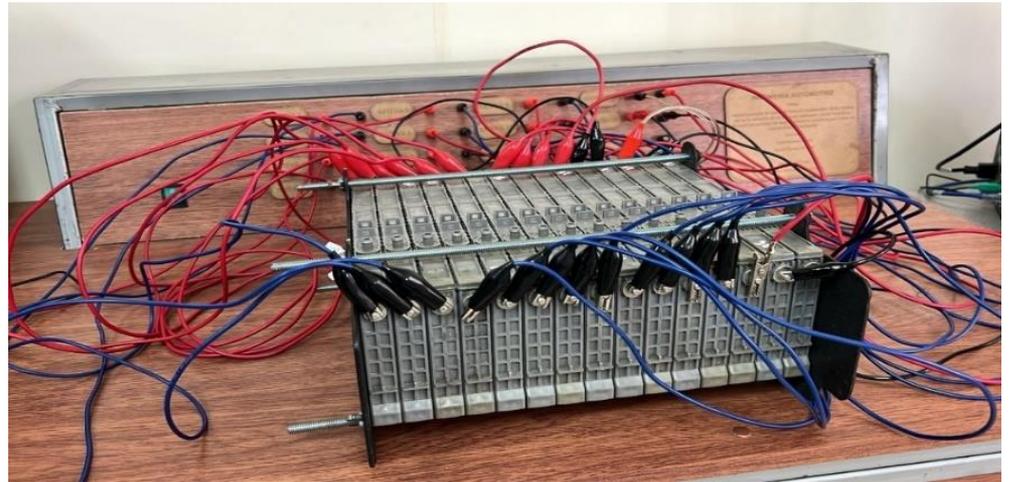


Balanceo



Proceso de carga y descarga

Conexión
de lagartos



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Página principal del módulo de carga y descarga



Ingeniería Automotriz

Automático

Página Principal

Baterías Conectadas

- Bateria 1
- Bateria 2
- Bateria 3
- Bateria 4
- Bateria 5
- Bateria 6
- Bateria 7
- Bateria 8
- Bateria 9
- Bateria 10
- Bateria 11
- Bateria 12
- Bateria 13
- Bateria 14
- Bateria 15
- Bateria 16

Características de las baterías

Voltaje Nominal (V)

Capacidad (A/h)

Muestra

Voltaje Bateria 5

% Actual

Procesos

MANTENIMIENTO CARGA

ECUALIZACIÓN DESCARGA

Puerto USB

Cancelar Salir

Parámetros de funcionamiento

Amperaje de carga 1ra etapa (A)

Amperaje de carga 2da etapa (A)

Porcentaje de descarga (%)

Auto

Número de ciclos

Porcentaje de carga 1ra etapa (%)

T. Espera de carga (min)

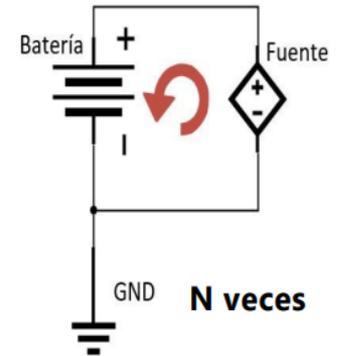
Auto

T. Espera de descarga (min)

T. Espera de ecualización (min)

Manual

Estado de la máquina



Mantenimiento



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Página de procesos generales



Ingeniería Automotriz

Automático

Procesos Generales



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Página de monitoreo individual



Ingeniería Automotriz

Bateria 2 105 %

Voltaje 7.56153 (V)
Corriente 0.532502 (A)
Resistencia 0.153237 (Ohm)

Voltaje Corriente Resistencia

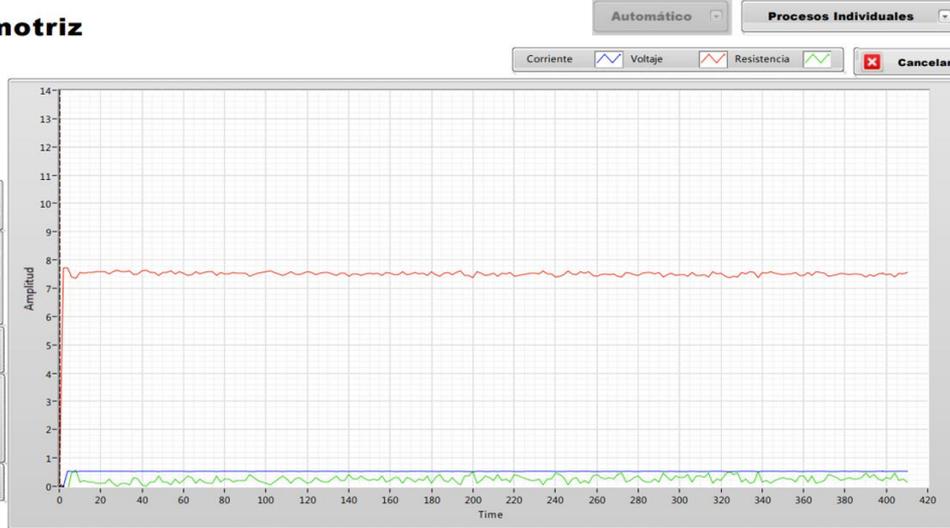
X (minutos) 1 Cursor
Incremento 1

Y (V, A, Ohm)
Max 14 Min 0 Auto

Cursors:	X	Y
Cursor 1	0	0
Cursor 2	0	0

Resta X 0 Y 0

Guardar Imagen



Pack en buen estado



Ingeniería Automotriz

Bateria 12 20 %

Voltaje 1.41439 (V)
Corriente 0.0996047 (A)
Resistencia 72.6385 (Ohm)

Voltaje Corriente Resistencia

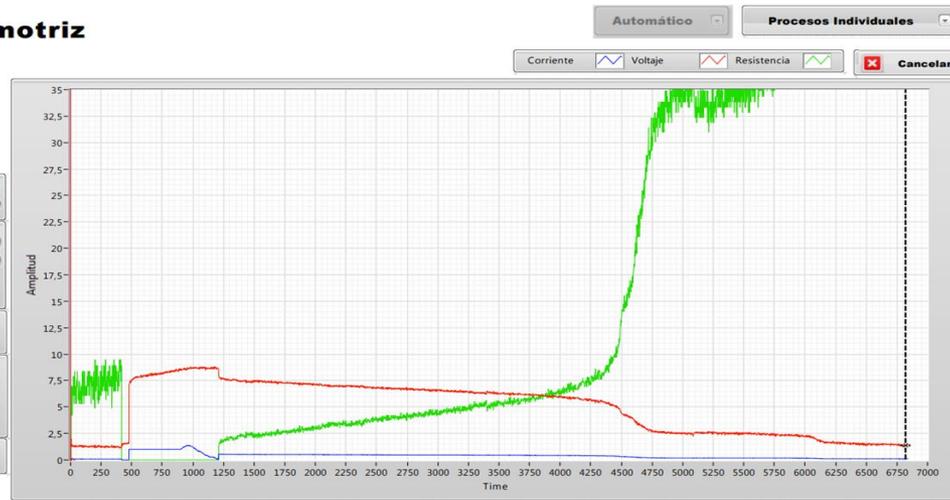
X (minutos) 1 Cursor
Incremento 1

Y (V, A, Ohm)
Max 35 Min 0 Auto

Cursors:	X	Y
Cursor 1	6824	1.33279
Cursor 2	0	0

Resta X -6824 Y -1.33278

Guardar Imagen



Pack en mal estado



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Análisis de resultados

Cambio del pack 27



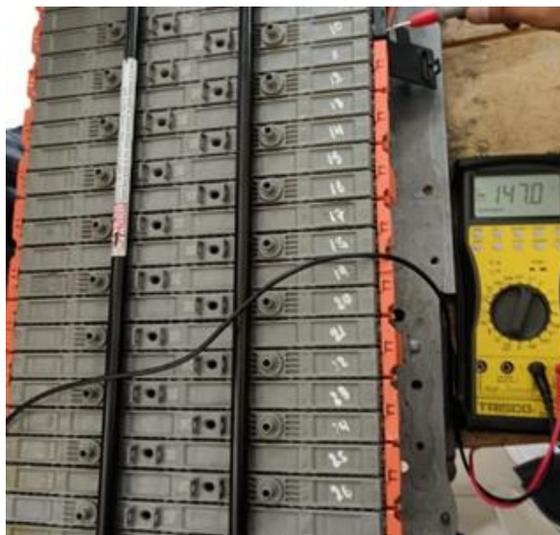
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Parámetros obtenidos

Parámetros	Antes	Después
Voltaje Total (V)	174,898	217
Capacidad de potencia (kW/h)	1,136	1,41
Autonomía (km)	1,74	2,17

El voltaje aumentó en un 19,40 %

La autonomía aumentó en un 19,82 %



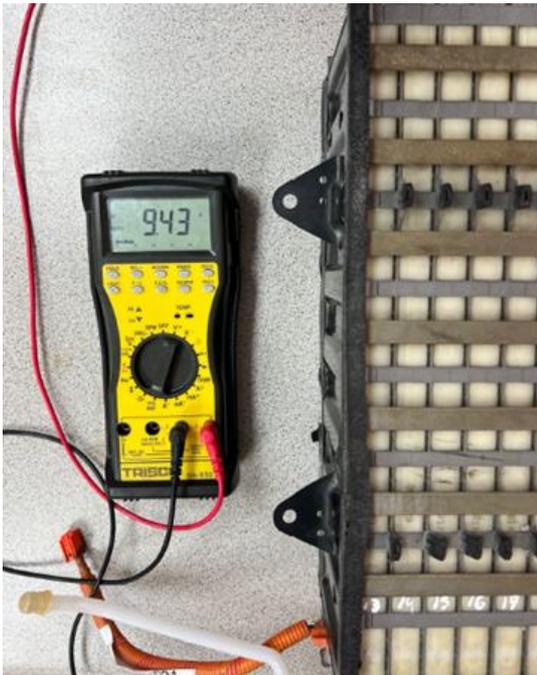
Parámetros	Porcentaje
SOC	98,92 %
SOH	83,077 %



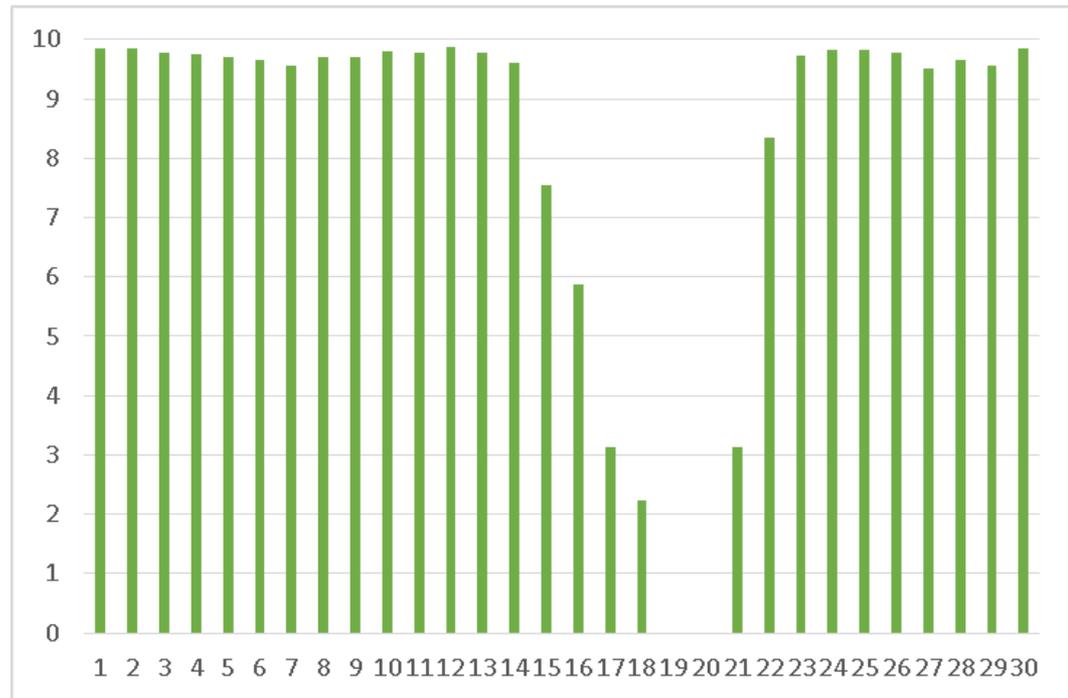
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Diagnóstico y mantenimiento Toyota Highlander 30 packs

Estado inicial



Datos obtenidos



$$V_{Max} = 9,6 \times 1,2 = 11.52V$$

$$V_{Min} = 9,6 \times 0,8 = 7,68V$$

- Pack 15,16,17,18 y 21 Voltajes que oscilan entre 2-7
- Pack 19,20 voltajes registrados 0V



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Diagnóstico

Estado físico y desarmado de la batería



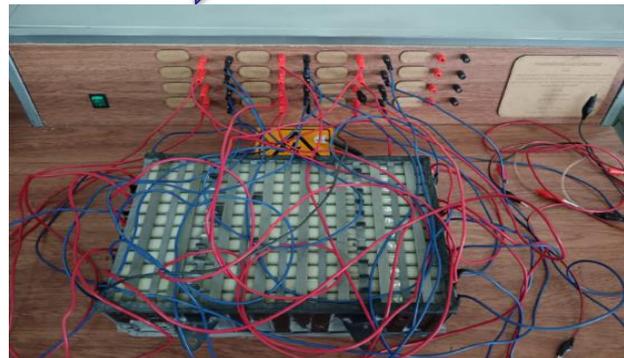
Mantenimiento

Reanimación de packs



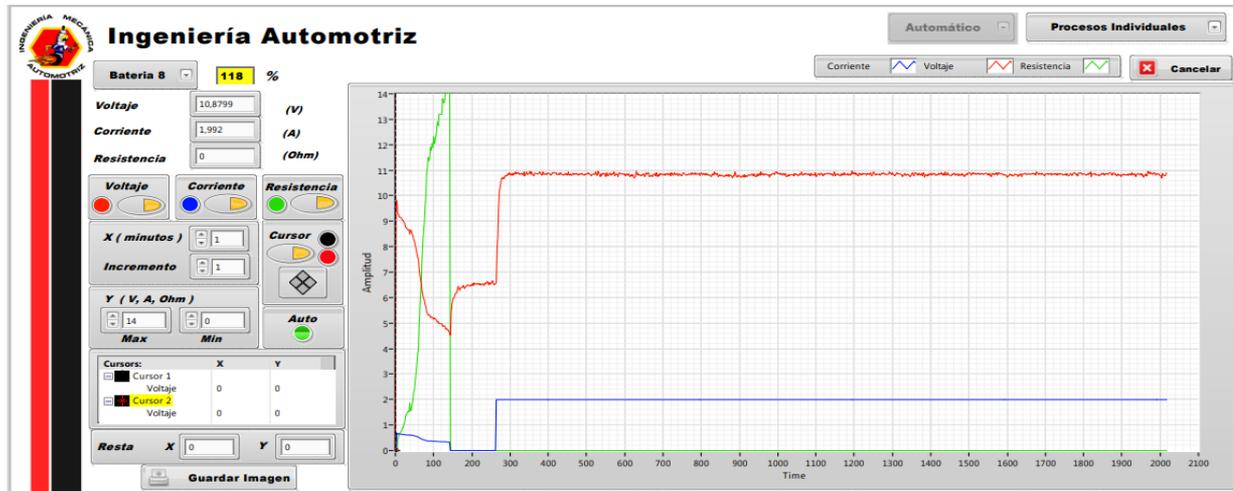
Proceso de carga y descarga

Conexión de lagartos

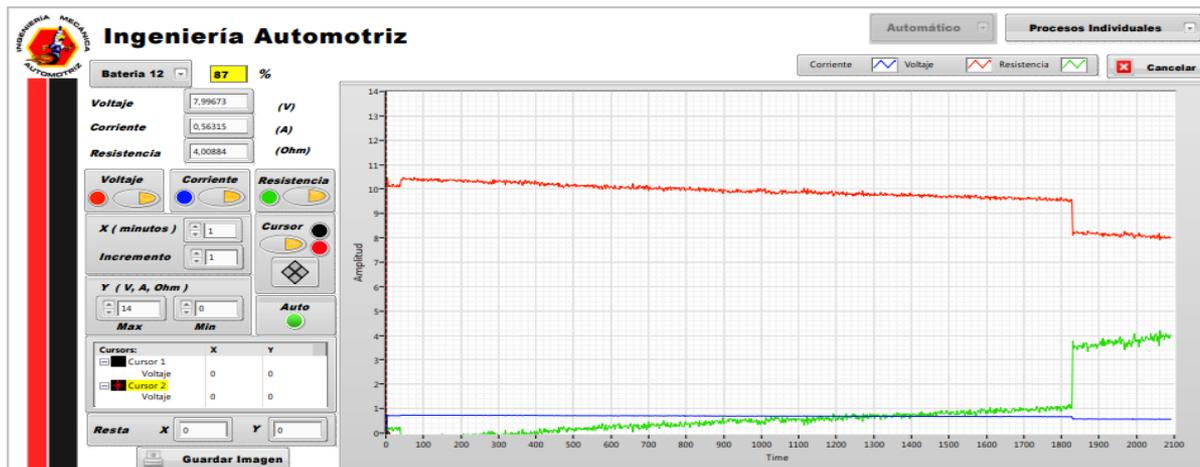


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Página de moduló individual del módulo de carga y descarga



Pack en buen estado

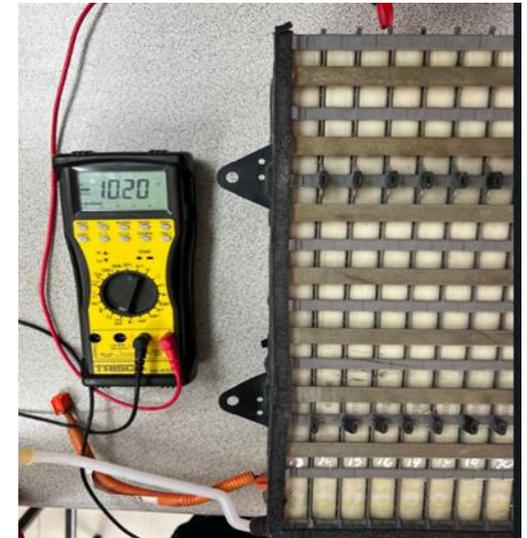
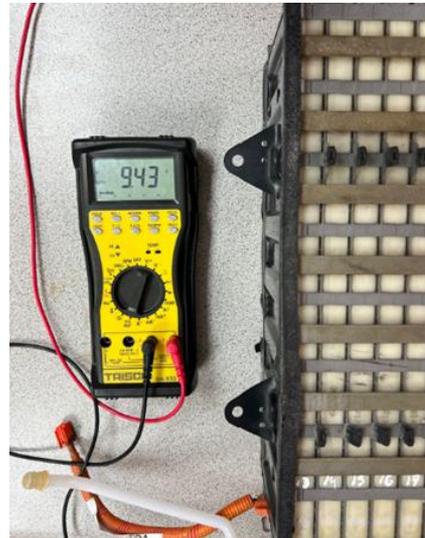


Pack en mal estado



Voltajes al final del mantenimiento

Pack N°	Voltaje Inicial (V)	Voltaje Final (V)
1	9,86	10,30
2	9,86	10,15
3	9,78	10,70
4	9,75	10,22
5	9,71	10,16
6	9,65	10,03
7	9,55	10,97
8	9,7	9,73
9	9,71	10,38
10	9,8	10,25
11	9,79	10,11
12	9,87	10,27
13	9,77	9,98
14	9,6	10,07
15	7,55	9,70
16	5,87	9,81
17	3,12	8,97
18	2,24	8,33
19	0	8,68
20	0	8,87
21	3,13	9,32
22	8,34	9,76
23	9,74	10,78
24	9,83	10,35
25	9,83	10,19
26	9,79	10,69
27	9,52	10,73
28	9,66	10,42
29	9,57	9,97
30	9,85	10,81



Parámetros obtenidos

Parámetros	Antes	Después
Voltaje Total (V)	244,44	300,8
Capacidad de potencia (kW/h)	1,588	1,95
Autonomía (km)	2,64	3,25

El voltaje aumentó en un 19,54 %

La autonomía aumentó en un 20,3 %

Parámetros	Porcentaje
SOC	98,76 %
SOH	82,77 %



Diagnóstico con escáner al Toyota Prius PHV

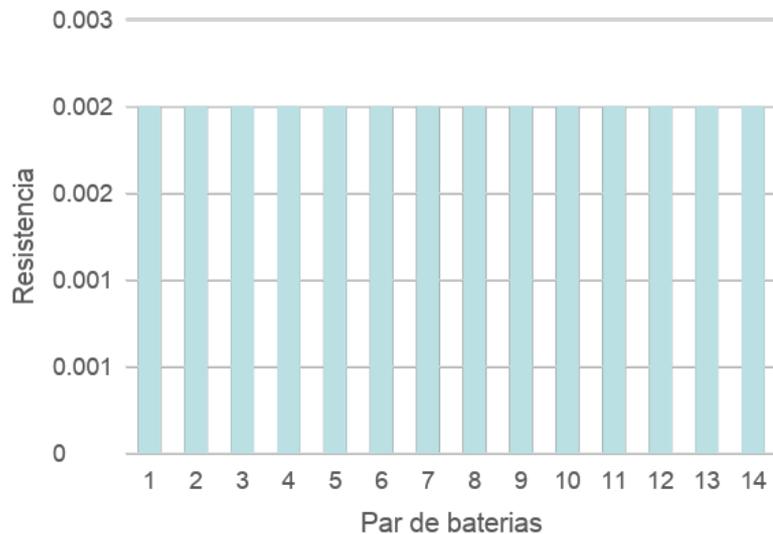


Marca: TOYOTA	Modelo: Prius PHV
Año: 2010	Desplazamiento: N/A
VIN: JTDMN36U3A5107375	Kilometraje: 18910.00 millas
Número de licencia: N/A	Versión del software del vehículo: V10.40



Parámetros del HC (Control Híbrido)	Valores
+B	14.53V
Estado de Carga (Toda Batería)	61.569%
Estado de Carga Máxima	64%
Estado de Carga Mínima	61.500%

El estado de carga bajo



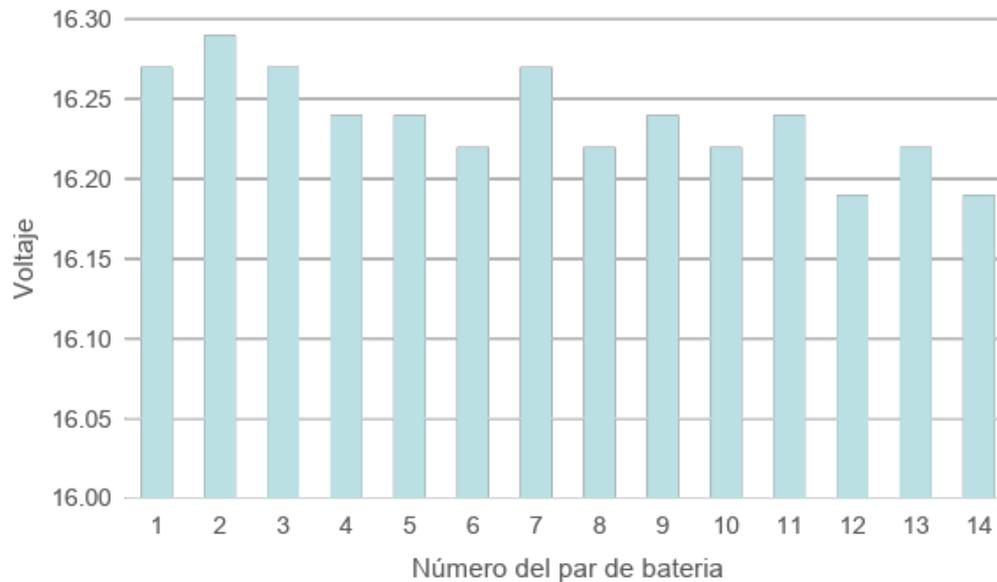
Resistencia interna con un valor bajo



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Batería	Valor de la temperatura °C
TB1	20,090
TB2	19,969
TB3	20,207
Batería Auxiliar	20

Temperatura aceptable



- Valor máximo: 16,29 V
- Valor mínimo: 16,19 V

0,61% de diferencia



ESPE
 UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
 INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Diagnóstico con escáner al Toyota Prius C



Marca: TOYOTA	Modelo: Prius PHV
Año: 2010	Desplazamiento: N/A
VIN: JTDKN36U3A5107375	Kilometraje: 18910.00 millas
Número de licencia: N/A	Versión del software del vehículo: V10.40

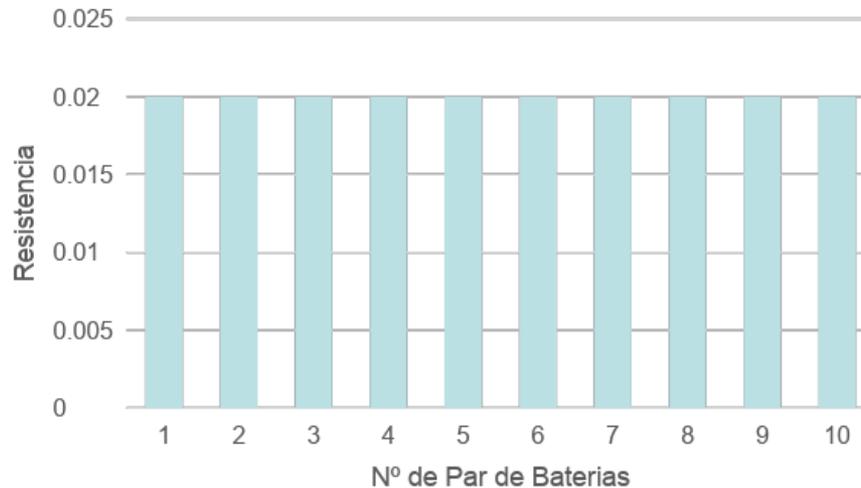


Estado de carga

Parámetros del HC (Control Híbrido)	Valores
Nombre	Valor
+B	14.38V
Estado de Carga (Toda Batería)	56.863%

El estado de carga bajo

Resistencia interna



Resistencia interna con un valor bajo

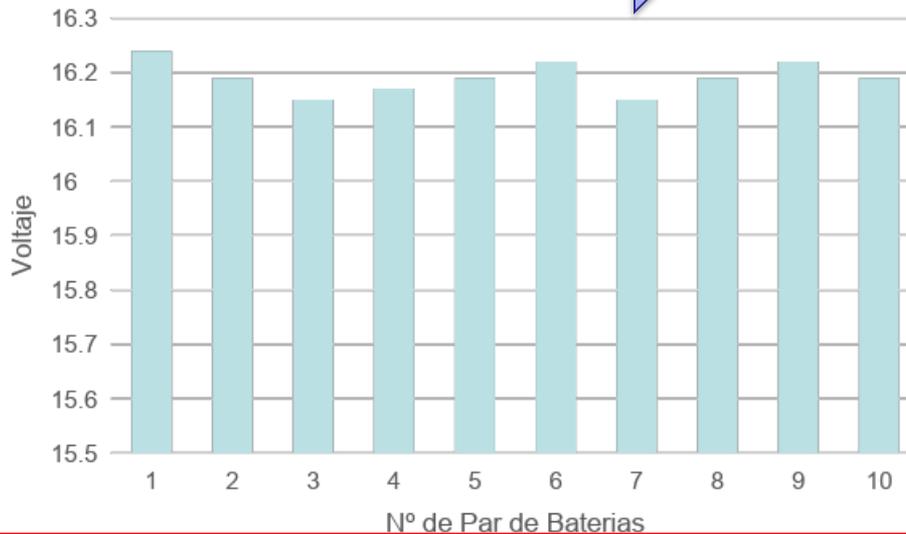


Temperatura de la batería

Batería	Valor de la temperatura °C
TB1	24.109
TB2	24.430
TB3	23.699
Batería Auxiliar	20

Temperatura
aceptable

Voltaje de la batería



- Valor máximo: 16,24 V
 - Valor mínimo: 16,1 V
- 0,63 % de diferencia



Conclusiones

- Tras realizar el mantenimiento de las baterías de alta tensión se obtuvo un incremento de la autonomía de 19,82 % en el caso de la batería del vehículo Toyota Prius PHV y del 20,3% en el caso del Toyota Hihglander lo que evidenció que realizar este proceso, si logra aumentar los parámetros de operación de las baterías.
- Se definieron los parámetros de operación y comportamiento de baterías de alta tensión, mediante el análisis de las curvas de voltaje, corriente y resistencia obtenidas en el módulo de carga y descarga. Se estableció que el valor máximo y mínimo permisible de voltaje es de 20%. La corriente de carga y descarga debe ser baja (1A), ya que con ello se consigue que los packs no se inflen.
- Se definieron los PID's en tiempo real de las baterías de alta tensión con el uso del escáner con el fin de determinar el estado de funcionamiento de la batería. La resistencia interna que se obtuvo fue de 0,002 ohmios lo que evidencia el correcto funcionamiento de las baterías. Y la variación de voltaje entre packs fue menor del 1% lo que indica el correcto funcionamiento del HC.



Recomendaciones

- Al momento de manipular las baterías se debe utilizar equipo de protección ya que los packs presentan químicos que son dañinos para la piel.
- Al realizar el proceso de carga y descarga se deben colocar las baterías en un compresor para evitar que estas se inflen.
- Antes de empezar a realizar el diagnóstico de la batería se debe contar con información de los parámetros básicos de batería tales como valor del voltaje nominal de cada pack y de la capacidad nominal.
- Observar las gráficas de voltaje, corriente y resistencia de manera individual ya que así se puede determinar de mejor manera cual es el pack que presenta problemas.



***Muchas gracias
por su atención***



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA