



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

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA  
AUTOMOTRIZ**

**“INVESTIGACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS PACKS DE BATERÍAS  
CILÍNDRICAS CEBA AL SER IMPLEMENTADOS EN EL SISTEMA DE ALTA  
TENSIÓN DEL VEHÍCULO TOYOTA PRIUS DE TERCERA GENERACIÓN”**

**AUTORES: RAMÍREZ NAVARRETE, DAVID**

**ING. ERAZO GERMÁN  
DIRECTOR DE TESIS**



# Objetivo General

- Investigar la eficiencia de los packs de la batería de celdas cilíndricas CEBA al ser implementado en el sistema de alta tensión de Toyota Prius de tercera generación.



# Objetivos Específicos



Buscar información de fuentes confiables como tesis, manuales, fichas técnicas, normas y publicaciones afines a la temática de la investigación.

Implementar protocolos para las pruebas con el vehículo detenido y en movimiento.

Analizar los flujos de datos relevantes obtenidos a través de la visualización de los PIDS con la interfaz Mini VCI J2534 y el software Techstream.



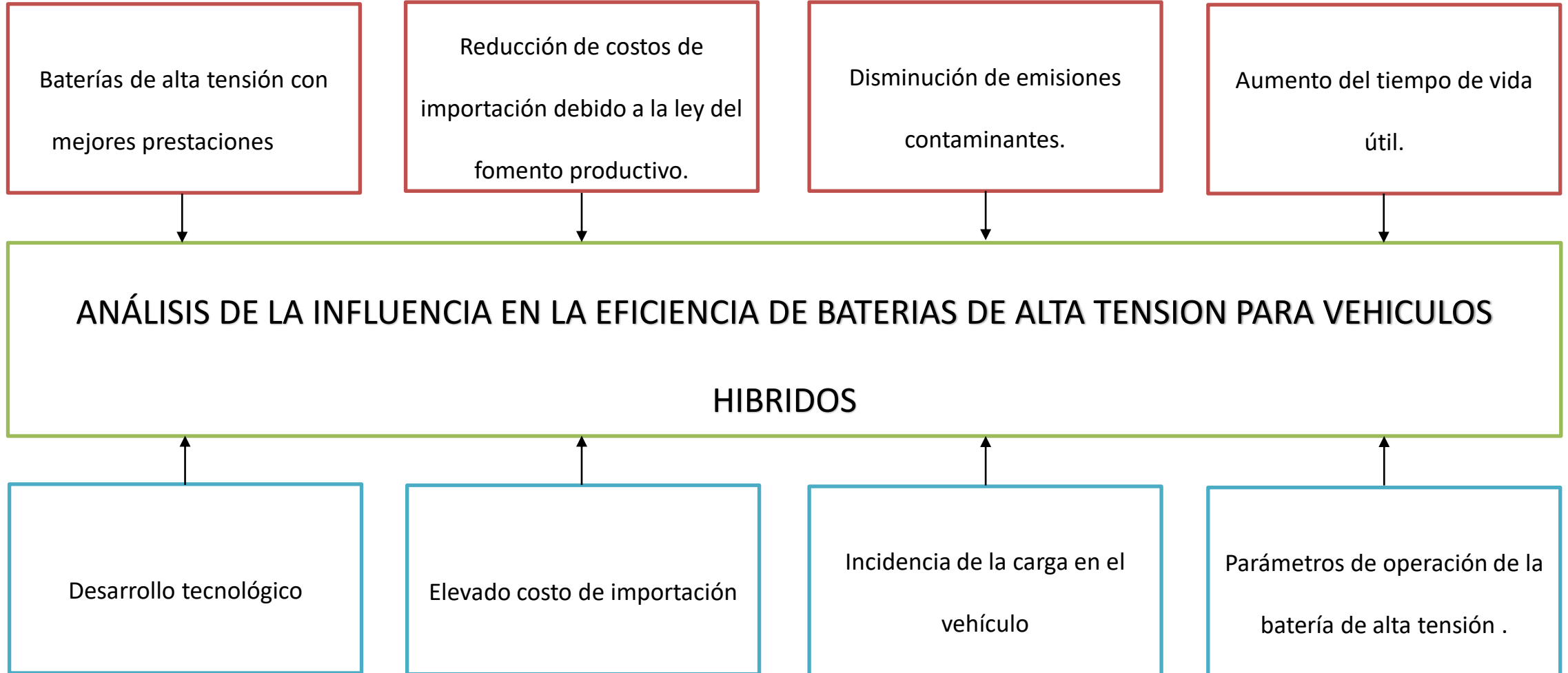
Analizar el consumo de combustible obtenido a través de la visualización de la interfaz OBD Link SX junto con el software OBD Wiz y el display del Toyota Prius de tercera generación

Analizar el estado de salud de ambas baterías en función de la corriente de carga, el SOC en el cual se activa el MCI, el SOC de desactivación del MCI y el tiempo utilizado en este proceso con el vehículo detenido.

Realizar graficas comparativas entre los diferentes parámetros característicos de las baterías de alta tensión para identificar la correlación existente con las diferentes variables y el consumo de combustible.



# Planteamiento del Problema



# Metas



Analizar el flujo de datos del módulo híbrido del Toyota Prius de tercera generación para identificar las variaciones existentes en los PIDs de la batería original contra la alterna

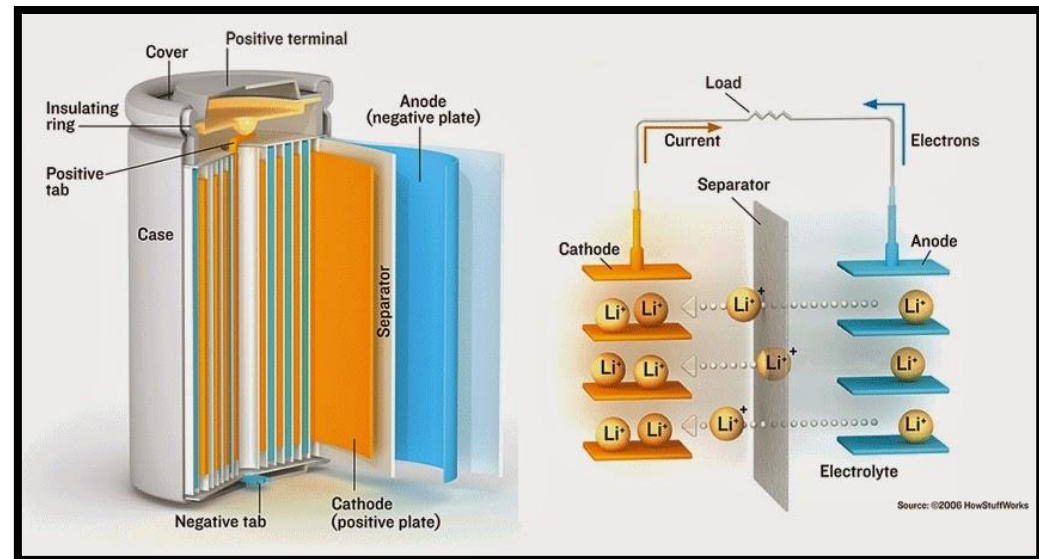
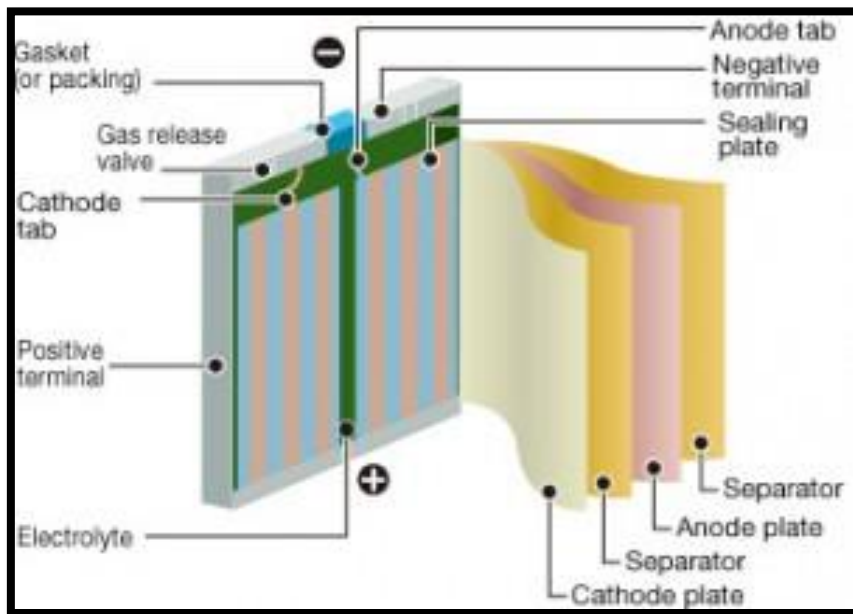


Analizar la reducción de consumo de combustible y niveles de dióxido de carbono al instalar la batería de módulos cilíndricos en el vehículo híbrido.



# Acumuladores electroquímicos

- (Viera Pérez, 2003) El principal problema de la energía eléctrica radica en su conflicto al momento de su almacenamiento. Las baterías son una de las pocas fuentes fiables para poder almacenar la energía eléctrica convirtiendo la energía química almacenada en su interior a pesar de no disponer de un suministro



# TIPOS DE BATERÍAS SEGÚN SU FORMAR DE CARGAR

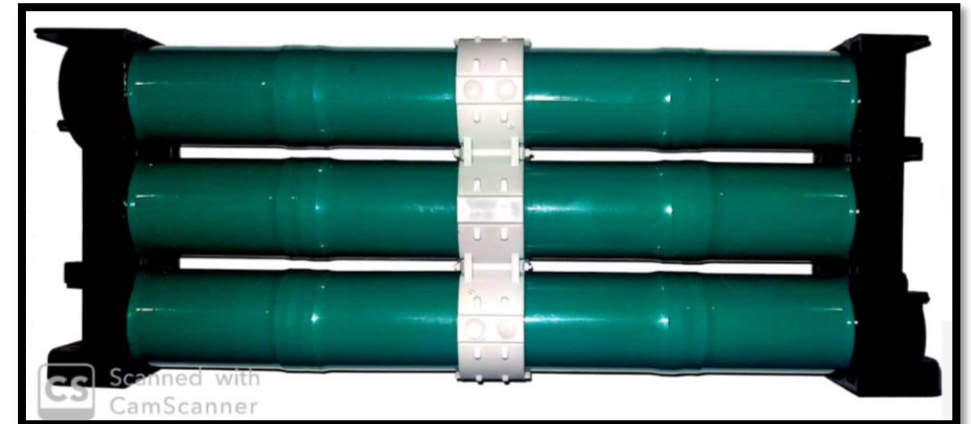
Baterías primarias

Baterías secundarias



Baterías de régimen estacionarias.

Baterías bajo regímenes de carga y descarga.





# Parámetros característicos de una batería.

## Celda

- Es el elemento mas pequeño que conforma una batería.
- Pueden ser conectados en serie o paralelo.

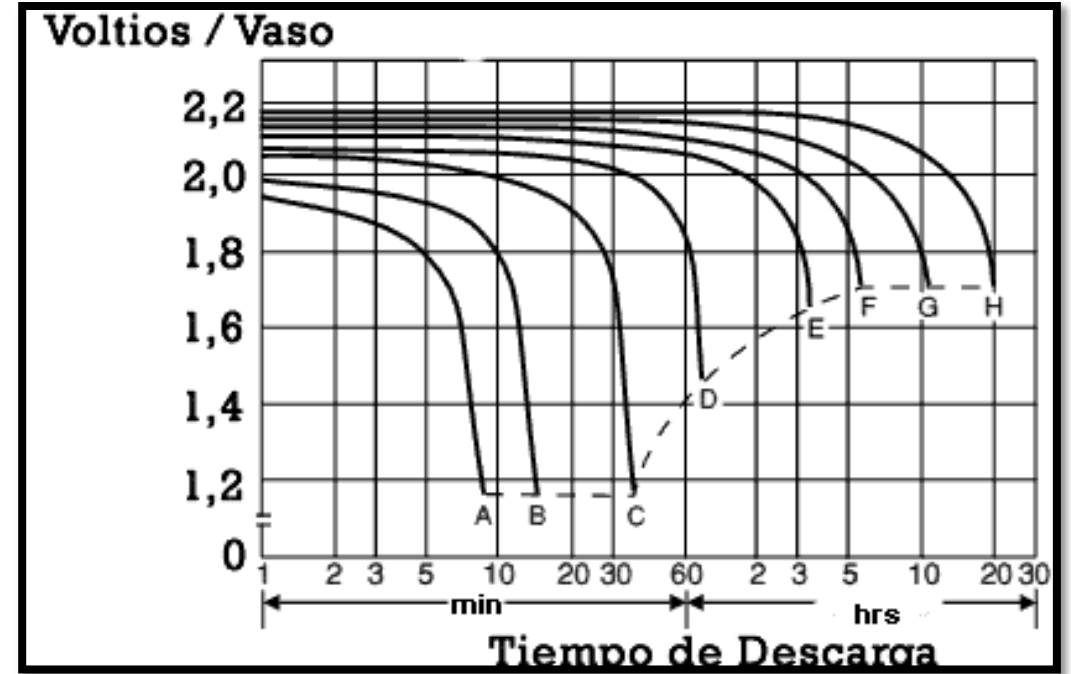
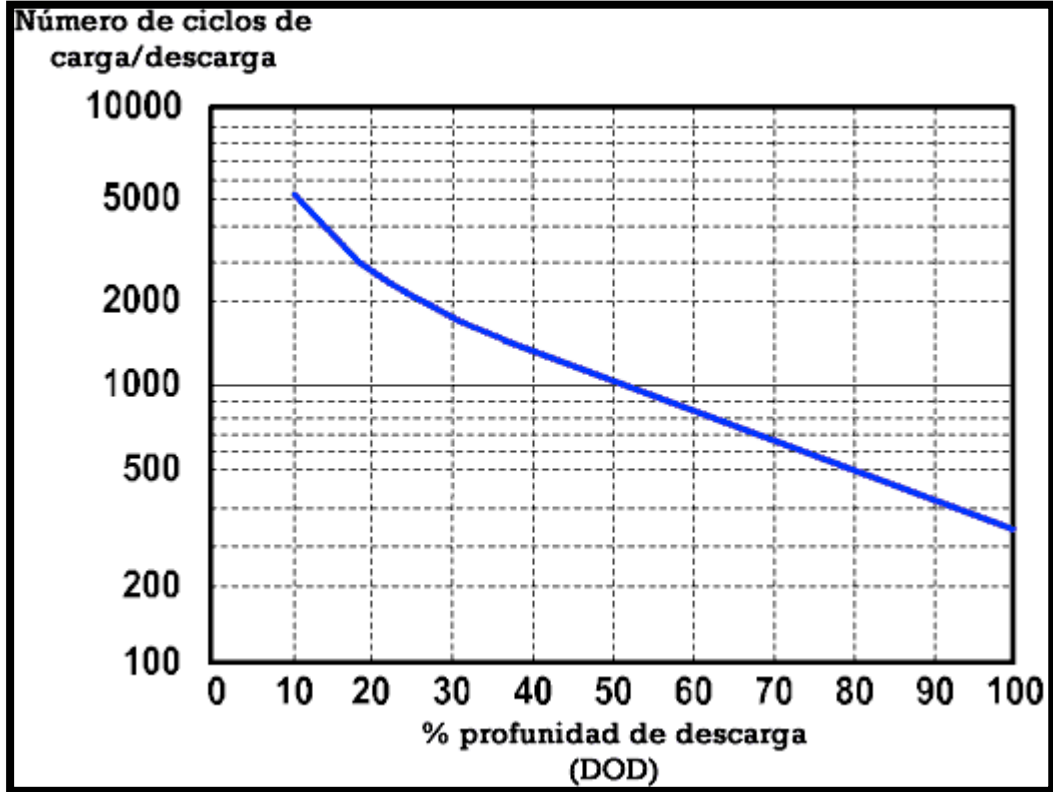
## Estado de carga (%SOC)

- Estado de la batería de forma porcentual.

## Profundidad de descarga

- **Descargas superficiales:** son descargas de aproximadamente el 20% de la capacidad nominal
- **Descargas profundas:** son descargas del 60-80% de la capacidad nominal.





### Tensión en vacío ( $E_0$ )

- La medida de la tensión que tiene la batería entre sus terminales y este depende de la naturaleza química que se utilice

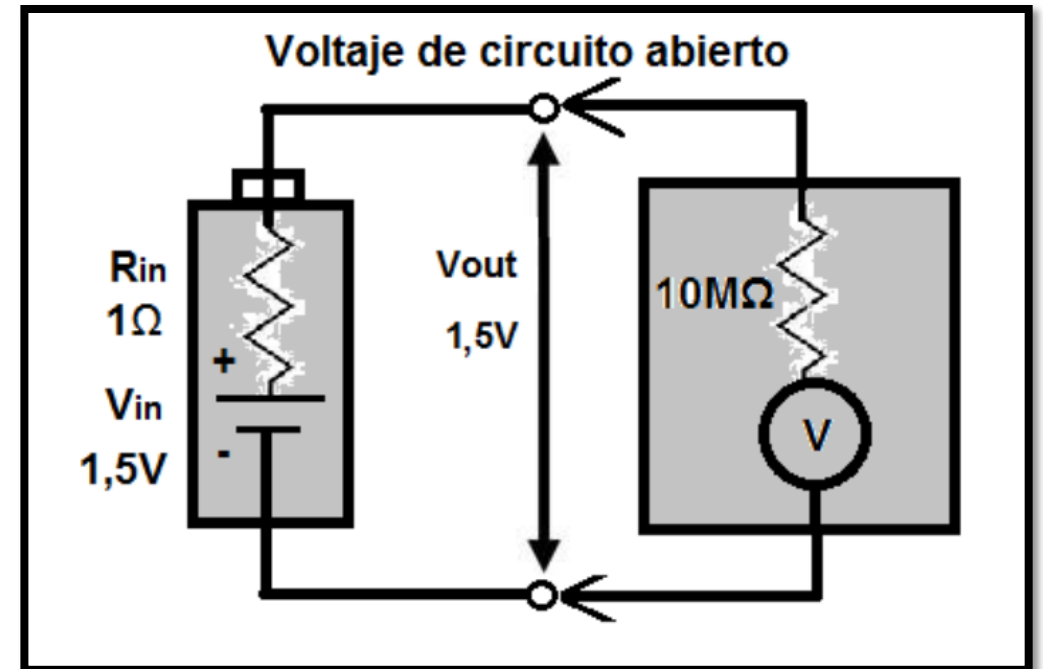
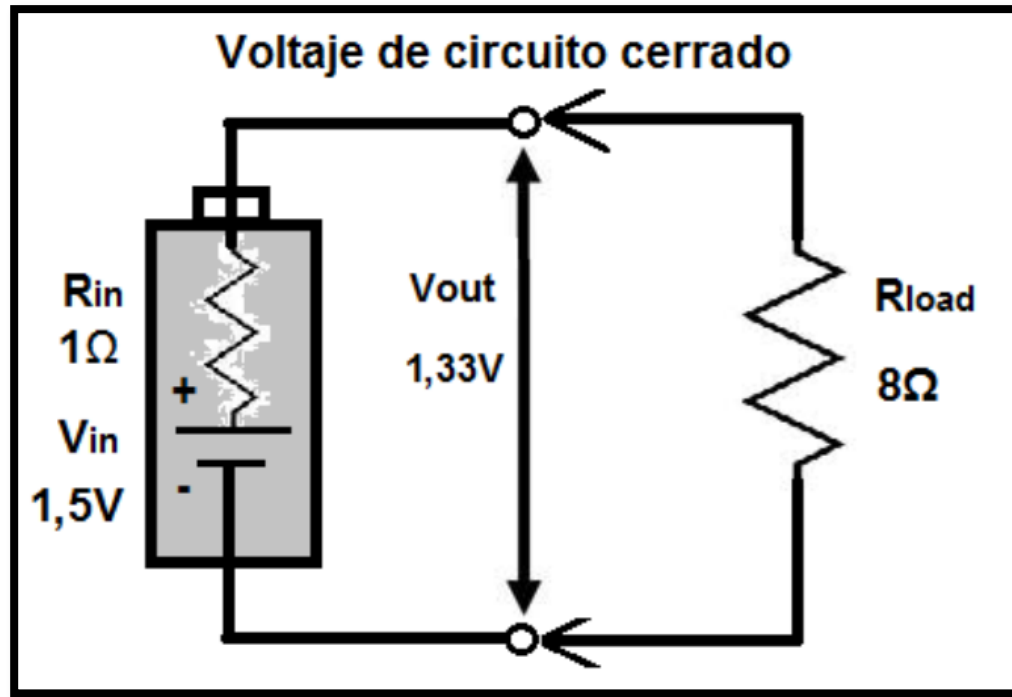
### Resistencia interna

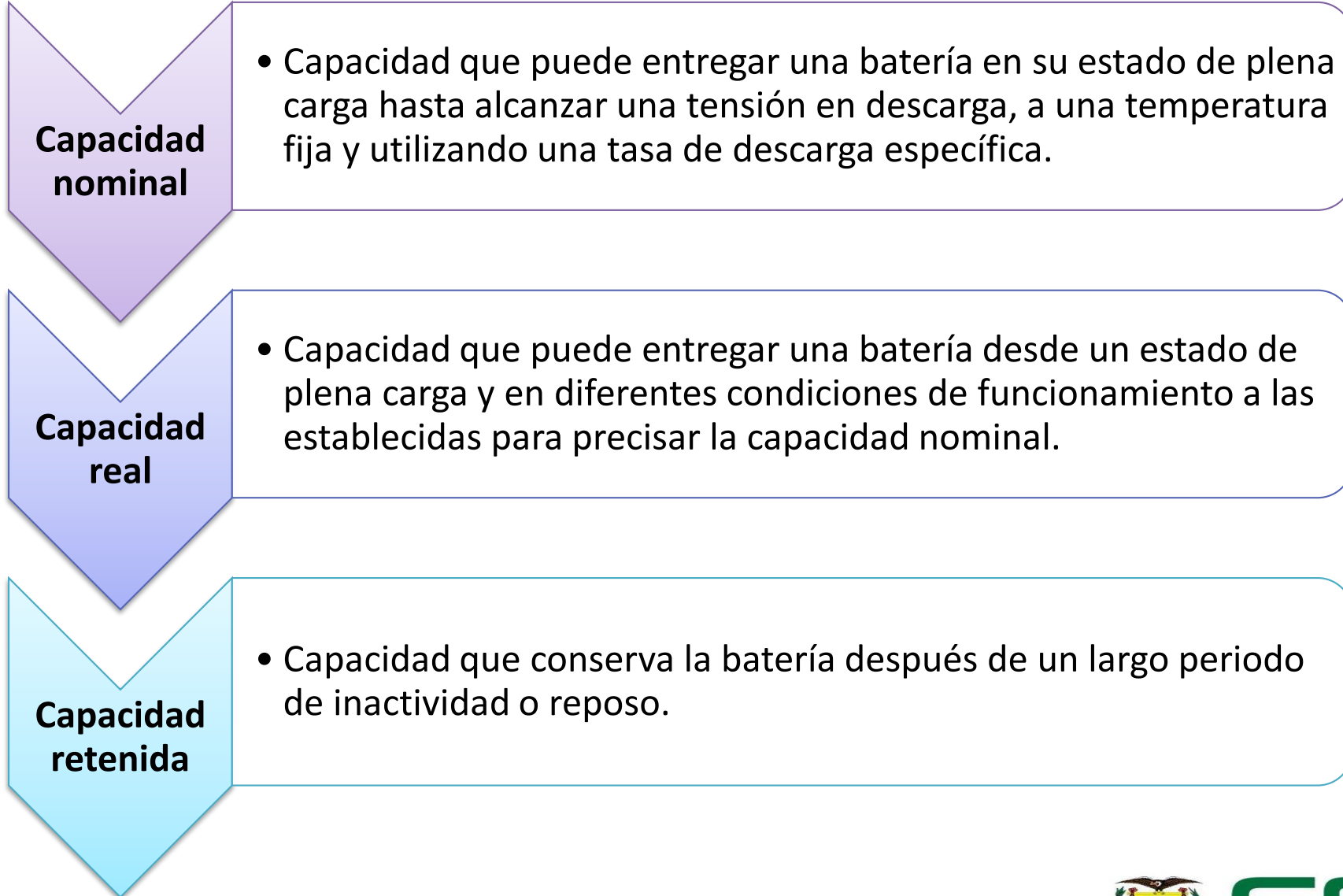
- Se define como un concepto que ayuda a modelar las consecuencias eléctricas de las más complejas reacciones químicas en el interior del acumulador.

### Capacidad

- Es la cantidad medida en amperios hora (Ah), que puede aceptar una batería al ser conectada una carga.







**Max. Corriente de  
descarga**

- La corriente máxima que puede ser utilizada para un proceso de descarga de forma continua, este valor viene dado por el fabricante.

**Máxima corriente  
en intervalos**

- Máxima corriente que una batería soporta al ser descargada en intervalos de tiempo este valor viene dado por el fabricante.

**Autodescarga**

- Perdida de la capacidad de una batería, este fenómeno se produce por un circuito abierto. Generalmente, la autodescarga se expresa en términos de porcentaje de pérdida de capacidad con respecto a la capacidad nominal en el período de un mes



**Densidad de energía**

- Potencia que puede entregar una batería por unidad de volumen (Wh/l)

**Energía específica**

- Energía que puede almacenar una batería por unidad de peso (Wh/Kg)

**Potencia específica**

- Potencia que puede entregar una batería por unidad de peso (W/Kg)



### Vida útil

- Tiempo que la batería puede mantener sus prestaciones por encima de unos límites mínimos predeterminados. Definido como el número de veces que la batería puede ser recargada, para poder restaurar sus prestaciones de fábrica

### Eficacia (%)

- Es la fracción de energía eléctrica que devuelve la batería, en función a la energía que se ha utilizado para cargarla. Cuanto mayor sea su porcentaje mayor será su rendimiento. También es importante que una batería mantenga su eficacia en relación a su capacidad de almacenamiento

### Tensión por celda

- Es de los parámetros más importantes al momento de analizar una batería, el tener celdas con un voltaje más elevado permitirá conseguir voltajes más elevados por batería.





## Temperatura

- La energía almacenada en acumuladores electroquímicos se ve afectada con la temperatura, incidiendo su proceso de extracción. En altas temperaturas suele tener una mayor capacidad que a bajas temperaturas, sin embargo, no es conveniente elevar la temperatura ya que incitará una disminución en la vida útil del acumulador.

## Descargas anormales

- Son aquellas que se separa al menos un 10% de la normal teórica estimada en su curva de descarga (subjativa de cada fabricante)r batería.



# Comparación entre las diferentes tecnologías de baterías

	Pb-ácido	Ni-Cd	Ni-Mh	Li-ion	Li-Fe	Li-Po
<b>Voltaje (V/celda)</b>	2	1,2	1,2	3,6-3,7	3,3	3,7
<b>Autodescarga(% mes)</b>	3%-20%	10%	30%	8%		5%
<b>Descarga en continua</b>	x	10c	8c	1c	26c	20-45c
<b>Mantenimiento</b>	Bueno	Malo	Regular	Fácil	Bueno	Fácil
<b>Ciclos de vida</b>	500-800	1500-2000	300-500	400-1200	2000	>1000
<b>Corriente carga rápida [C]</b>	0,4	1-2	1	1	4	1-2
<b>Eficiencia. Carg/Desca</b>	50%-92%	70%-90%	66%	80%-90%	X	99,80%



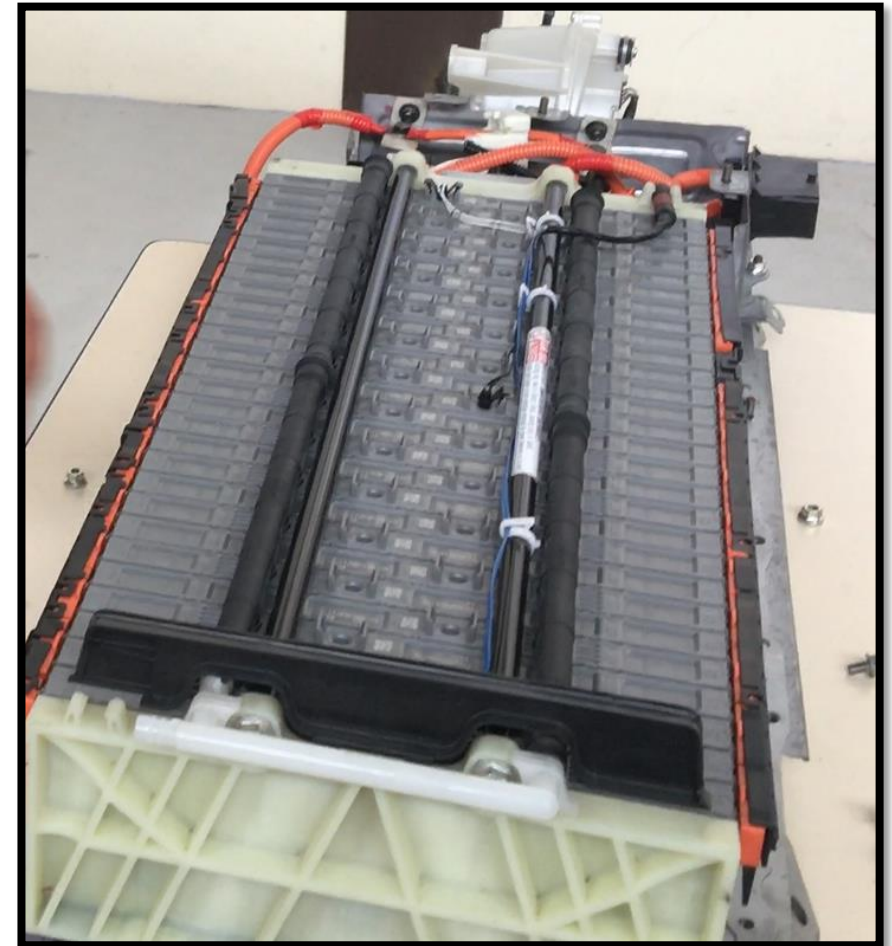
# Comparación entre las diferentes tecnologías de baterías

	Pb-ácido	Ni-Cd	Ni-Mh	Li-ion	Li-Fe	Li-Po
Densidad energética [Wh/l]	60-75	50-150	140-300	250-360	220	300
Energía específica [Wh/Kg]	30-40	40-60	30-80	100-250	90-110	130-200
Potencia específica [W/Kg]	180	150	250-1000	250-340	3000	7100
Tolerancias a sobrecarga	X	M. Buena	Media	M. Mala	Mala	M. Mala
Altas temperaturas	Media	M. Buena	Media	M. Mala	Mala	M. Mala
Problemas de ecualización	No	No	No	Si	Si	Si
Formato	X	Cilíndrico	Cilíndrico	Prisma	Pris/Cilin	Prisma



# Características de la batería original

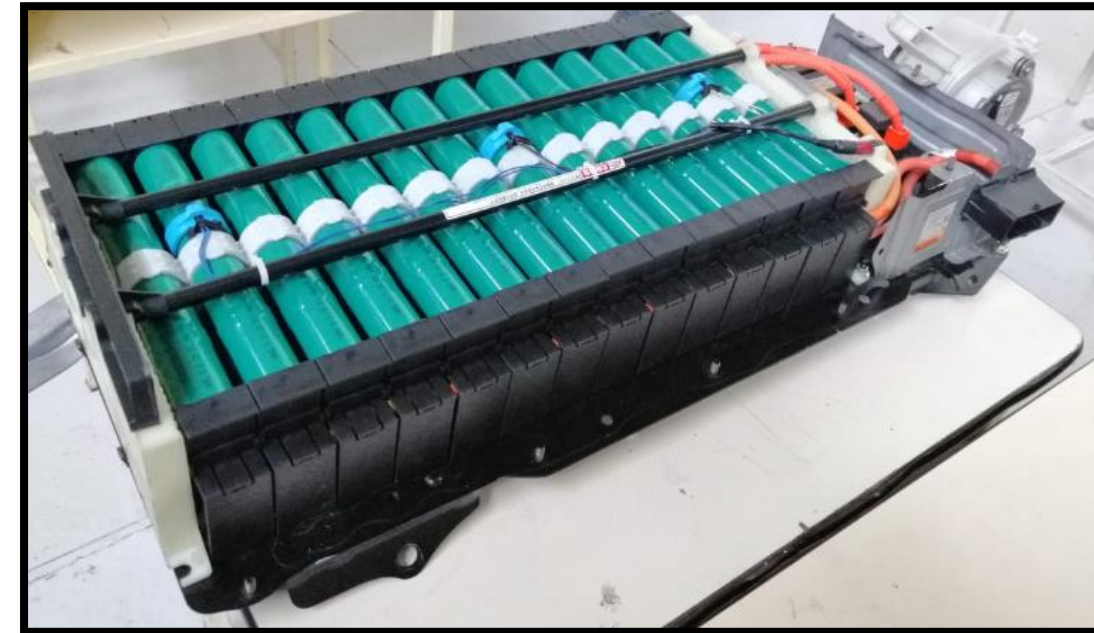
PAQUETE DE BATERÍAS DE ALTA TENSIÓN	
Voltaje del paquete de baterías	201.6 V
Voltaje total de la batería más el 20 % de carga	241.9 V
Número de módulos de baterías de NiMH en el paquete	28
Voltaje del módulo de baterías de NiMH	7.2 V
Dimensiones del módulo de baterías de NiMH	285 x 19.6 x 117.8 mm (11.2 x 0.8 x 4.6 pulg.)
Peso del módulo de NiMH	1.04 kg (2.3 lb.)
Dimensiones del paquete de baterías de NiMH	297 x 590 x 10.7 mm (11.7 x 23.2 x 0.42 pulg.)
Peso del paquete de baterías de NiMH	41 kg (90 lb.)
Voltaje de cada mini celda	1,2 V
Número de mini celdas	6



# Características de la batería cilíndrica

## PAQUETE DE BATERÍAS DE ALTA TENSIÓN

Voltaje del paquete de baterías	201.6 V
Voltaje total de la batería más el 20 % de carga	241.9 V
Número de módulos cilíndricos de baterías de NiMH	14
Voltaje del módulo cilíndrico de baterías de NiMH	14.4 V
Capacidad	6.5 Ah
Dimensiones del módulo cilíndrico de baterías de NiMH	250 x 35 x 105 mm (9.84 x 1.37 x 4.06 in)
Peso del módulo cilíndrico de NiMH	2.10 kg (4.62 lb.)
Peso del paquete de baterías de NiMH	30 kg (13.6 lb.)
Voltaje de cada cilindro.	4.8 V
Voltaje de cada pila	1,2 V
Número de pilas	4



# Implementación del sistema de módulos cilíndricos



# Armado de la batería alterna.



Fijar los pernos inferiores y apretar los pernos de la base.



Preparar la base que va sujeta a la parte posterior del vehículo híbrido.



Identificar los componentes que se utilizarán para la batería con módulos cilíndricos.

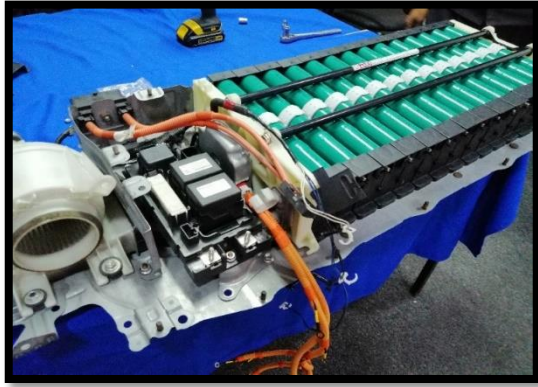
Preparar la base de la batería original colocando el soporte en la base.



Organizar los módulos de la batería en la base de acuerdo a los números de serie de los módulos.



# Armado de la batería alterna.



Colocar los sensores de temperatura con la base para los módulos cilíndricos

Instalar las conexiones del ramal de cables positivo y negativo teniendo el cuenta las direcciones de las conexiones.

Instalar la placa de la cubierta de los módulos.



Retirar los sensores de la batería antigua

Realizar las conexiones de la parte positiva como negativa del jumper o conector de servicio.

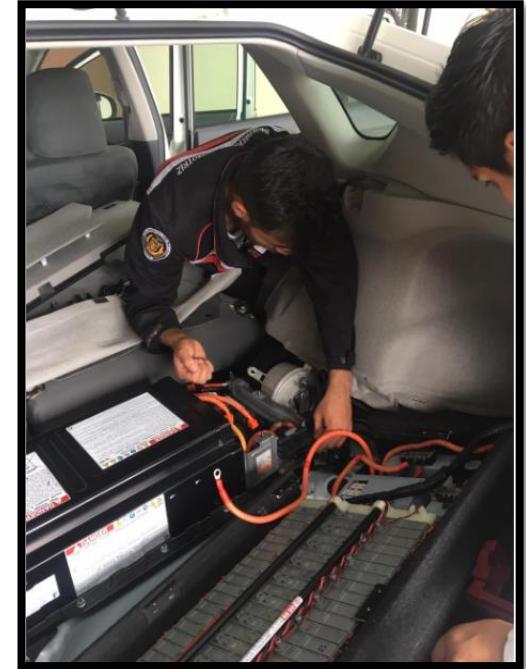




# Armado de la batería alterna.



Colocar la cubierta en las conexiones del ramal positivo y negativo de la batería de alta tensión.



Colocar la batería de alta tensión en la parte posterior del vehículo como vino originalmente.

Conecte los cables principales ánodo y cátodo correctamente, instale la manija del conector de servicio original después de verificar su estado.

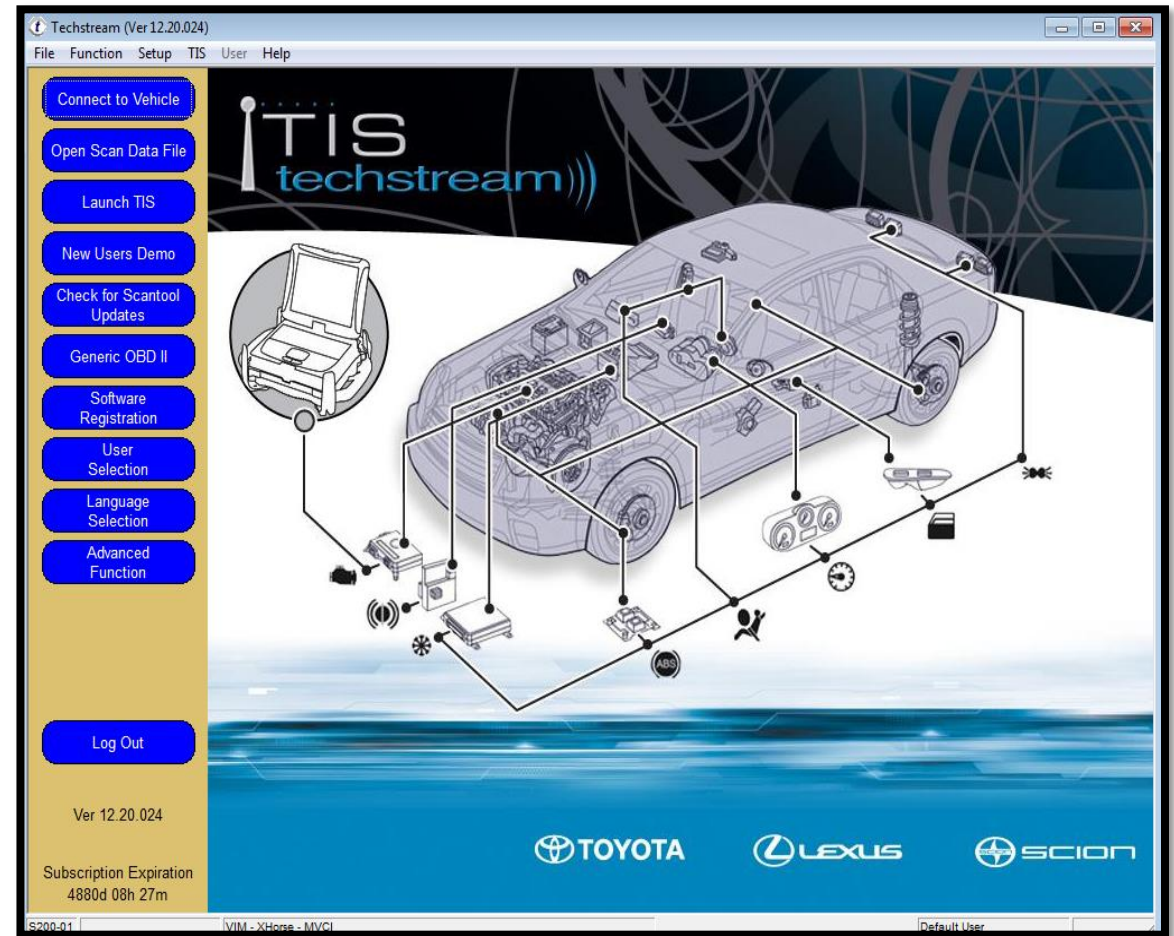


# Equipo utilizado para la toma de datos



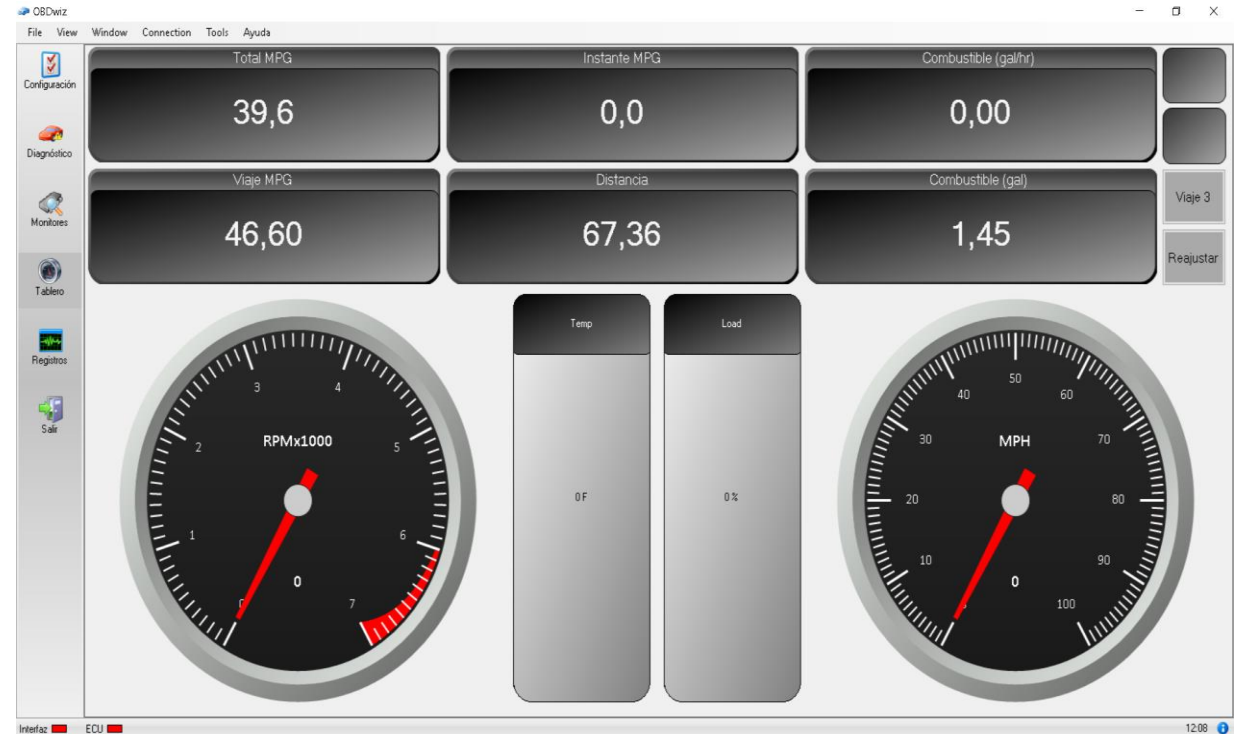
# Toyota Techstream-Mini VCI J2534

- (Moreno & Naranjo, 2017)  
Manifiesta que el escáner Techstream es un instrumento destinado a analizar los valores y el funcionamiento del vehículo de marca Toyota Lexus y Scion con el cual se puede verificar el valor de los voltajes de las baterías de los autos híbridos además de DTCs y diferentes datos en tiempo real.



# OBD Wiz-OBDLink SX EOBD

- Es un software automotriz el cual puede diagnosticar problemas sobre problemas en el motor y sus diferentes sensores de forma rápida y eficaz. Puede recopilar información de los parámetros característicos de identificación en tiempo real, apagar la luz MIL e identificar DTC.



# Pruebas con el vehículo detenido

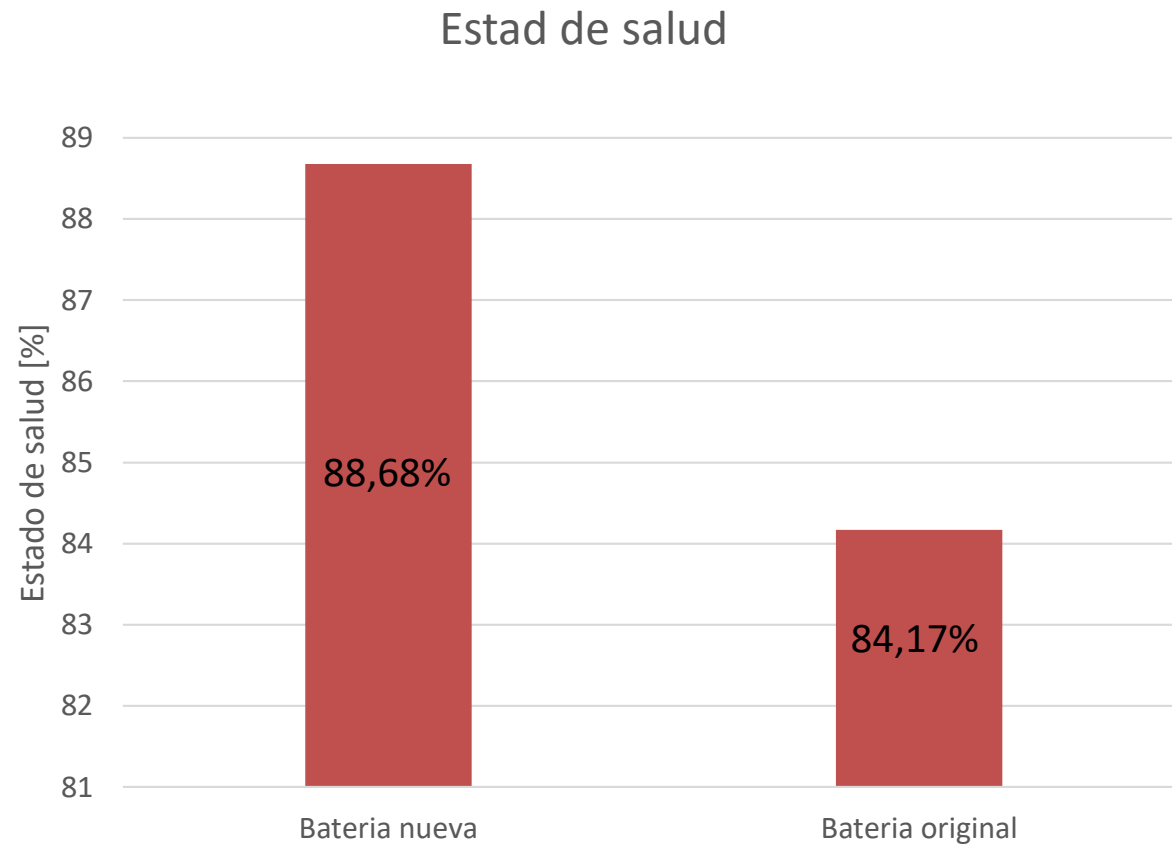


# ESTADO DE SALUD DE LA BATERIA [%]

PROCESO	FORMULA
Variación del estado de carga entre la activación y desactivación del MCI	$Delt.SOC = SOC\ Stop - SOC\ Arranque$
Capacidad estimada de la batería	$Ce = \frac{I * T * 100}{60 * Delt.SOC}$
Estado de salud de una batería de alta tensión.	$SOH = \frac{Ce * 100}{Cr}$



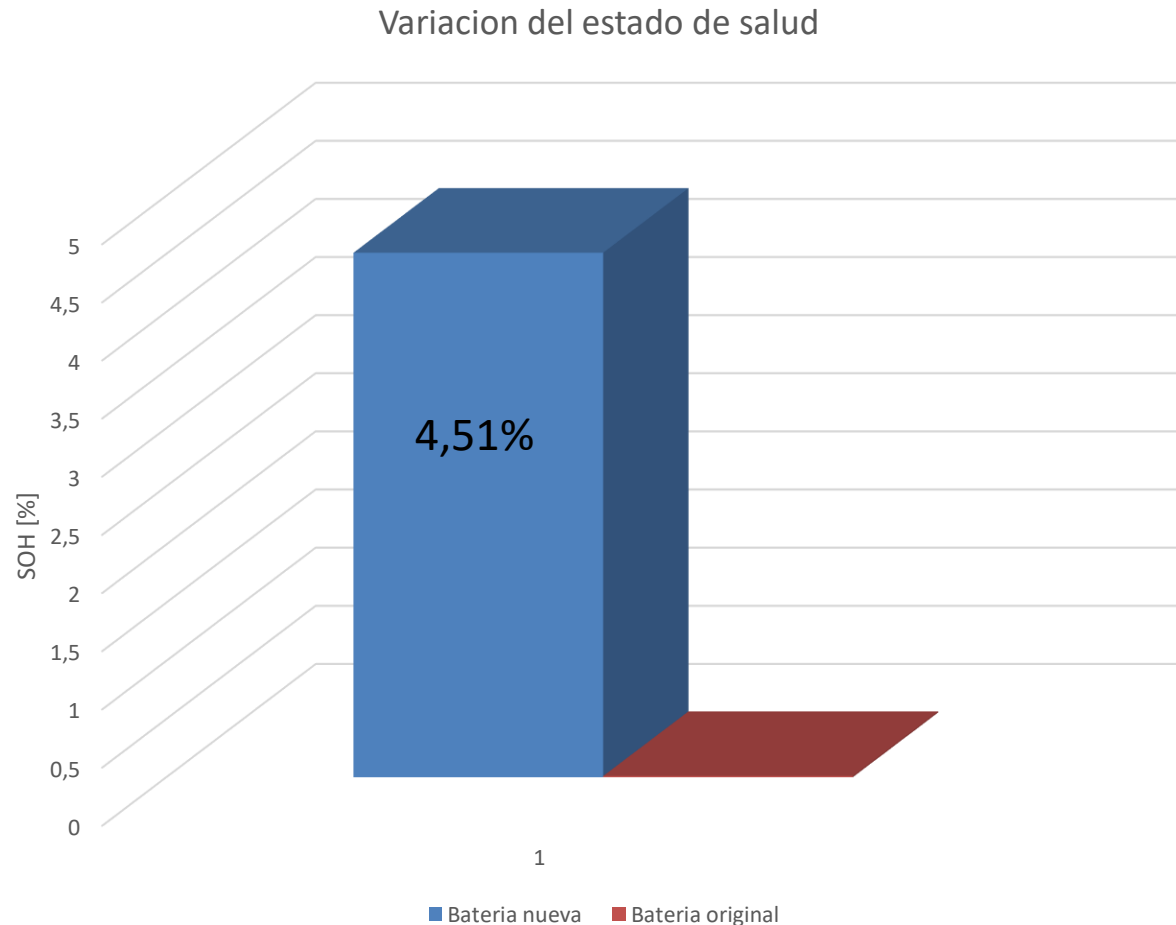
# ESTADO DE SALUD DE LA BATERIA [%]



- Mediante los cálculos mencionados anteriormente se puede observar el estado de salud de la batería original y la alterna, observando en la tabla que la alterna tiene un mejor estado de salud.



# ESTADO DE SALUD DE LA BATERIA [%]



- La batería alterna tiene un 4,51% más de estado de salud, lo que indica que el rendimiento es mucho mejor en comparación a la original



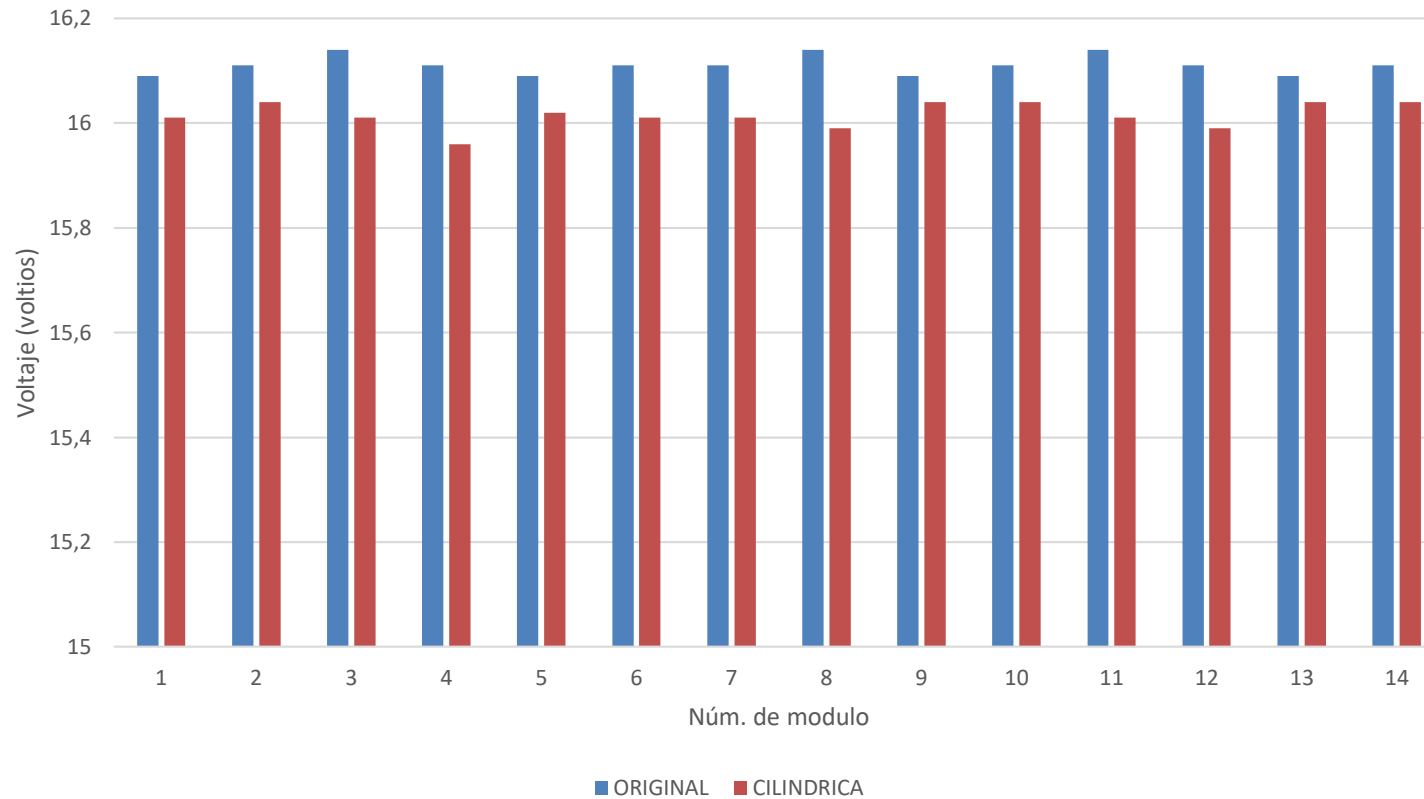


# Pruebas con el vehículo en movimiento



# Voltajes de cada modulo al final del recorrido [voltios]

Gráfica de los voltajes al final de la prueba de ruta

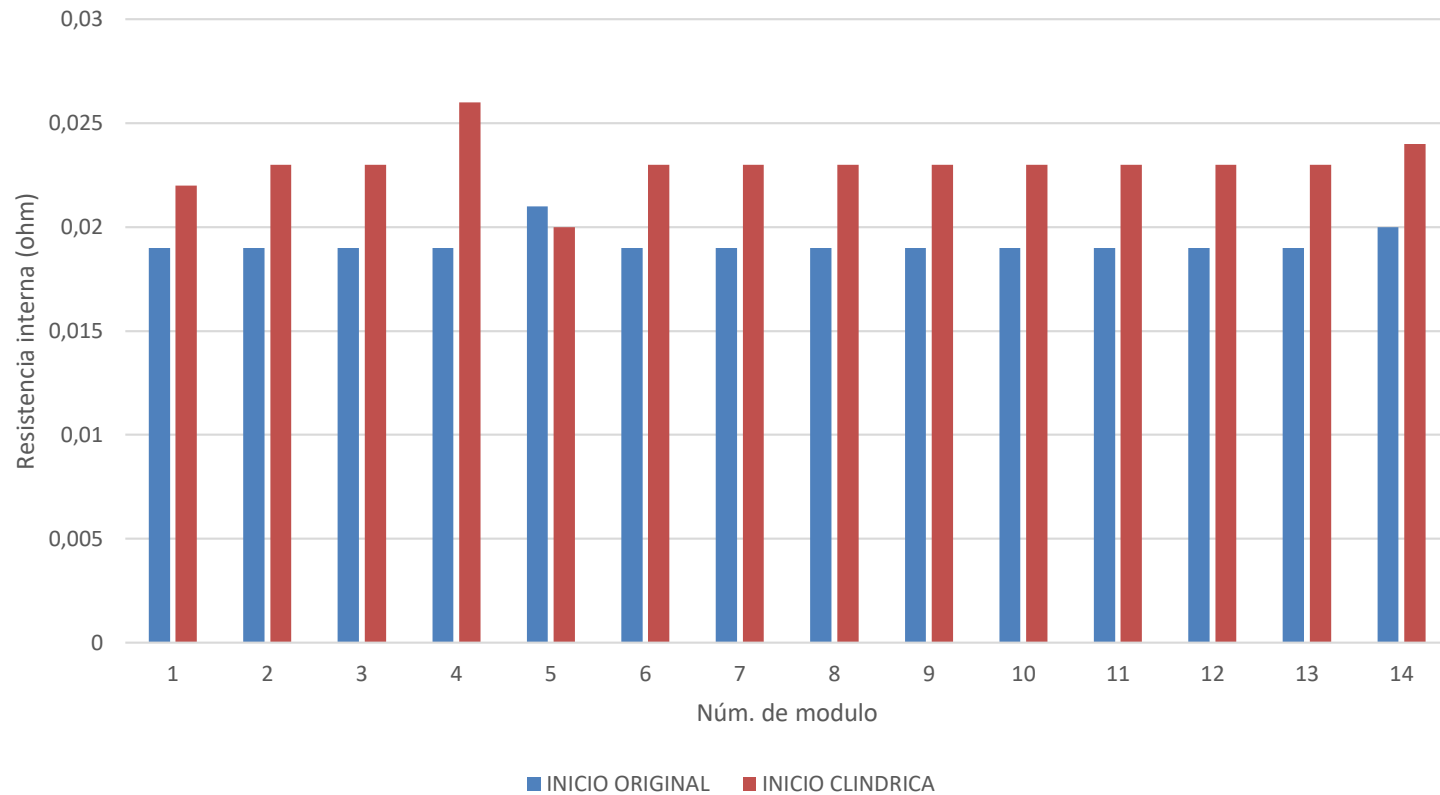


- En la tabla se puede observar que el voltaje de la celda original es mayor debido a la resistencia interna que maneja cada una.



# Resistencia interna de cada modulo al comienzo del recorrido [ohmios]

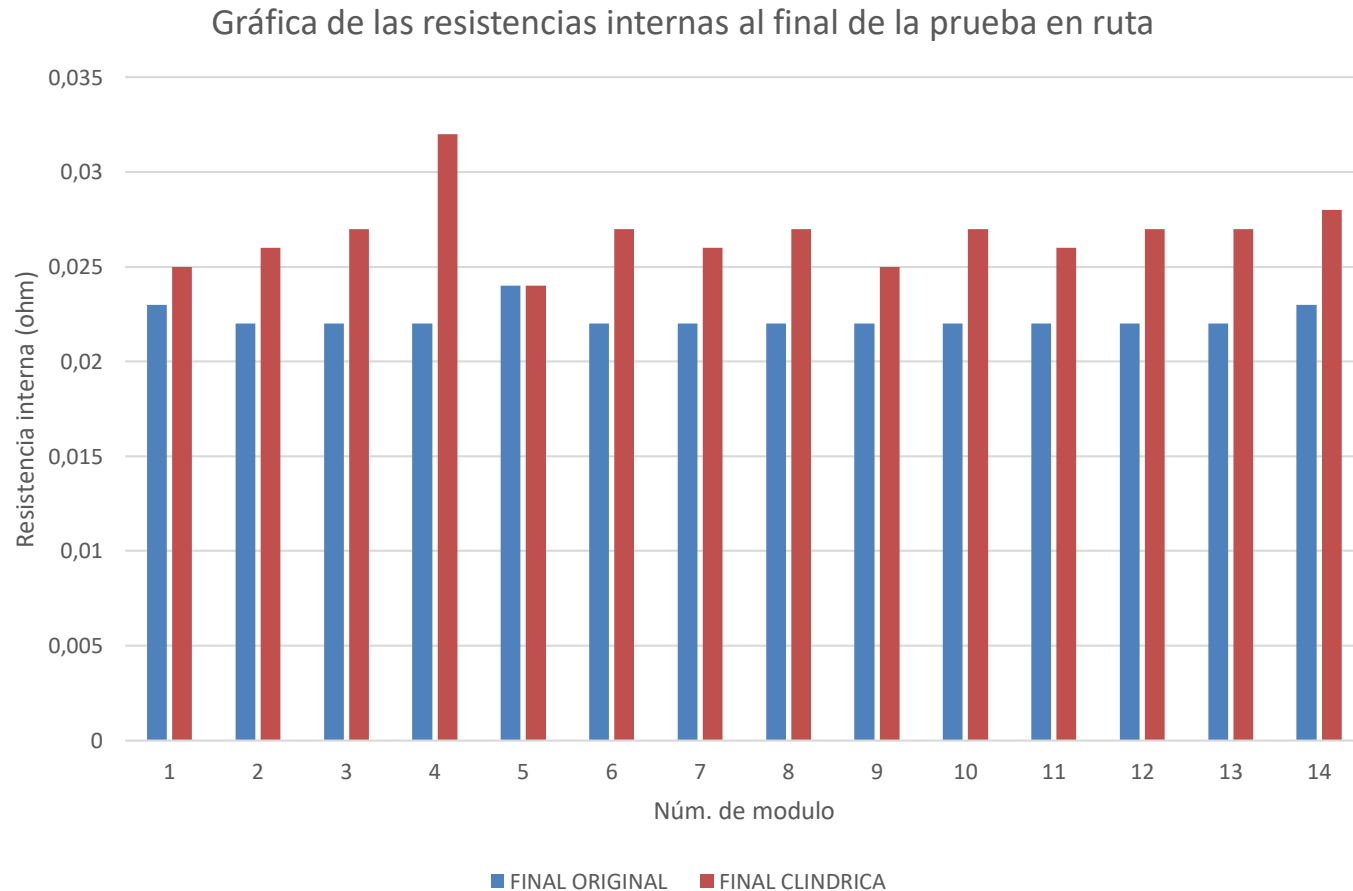
Gráfica de las resistencias internas el comienzo de la prueba en ruta



- En la tabla se puede observar que la resistencia interna de la batería original es menor en comparación a la batería de celdas cilíndricas, esta característica es propia de cada batería y van aumentando su valor en función del tiempo y el uso.



# Resistencia interna de cada modulo al final del recorrido [ohmios]

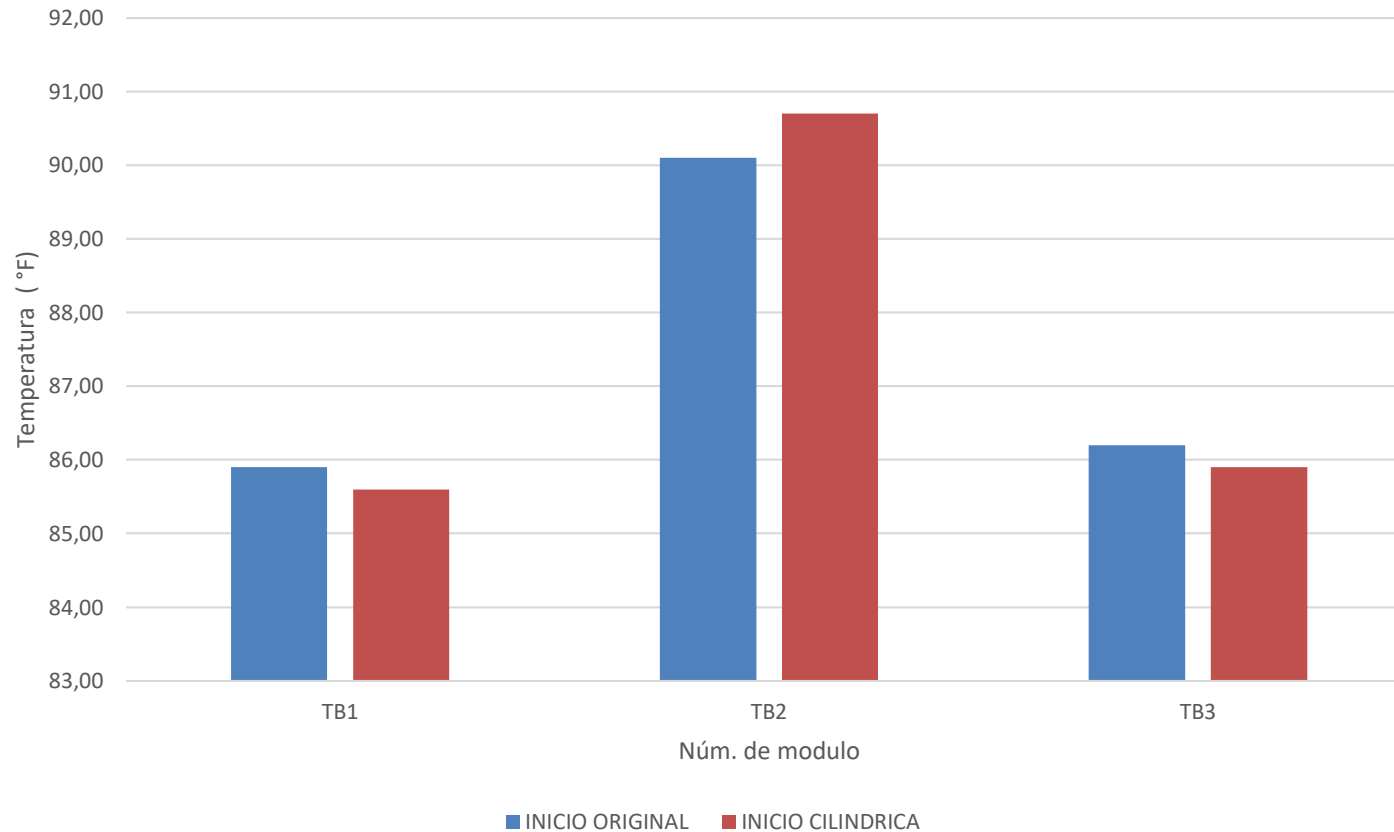


- En la tabla se observa que la resistencia interna de la batería de celdas cilíndricas sigue siendo mayor en comparación a la original, lo cual afectaría a la potencia de salida debido a la caída de tensión por una resistencia mayor.



# Temperatura de cada sensor al comienzo del recorrido [ °F ]

Gráfica de las temperaturas al comienzo de la prueba en ruta

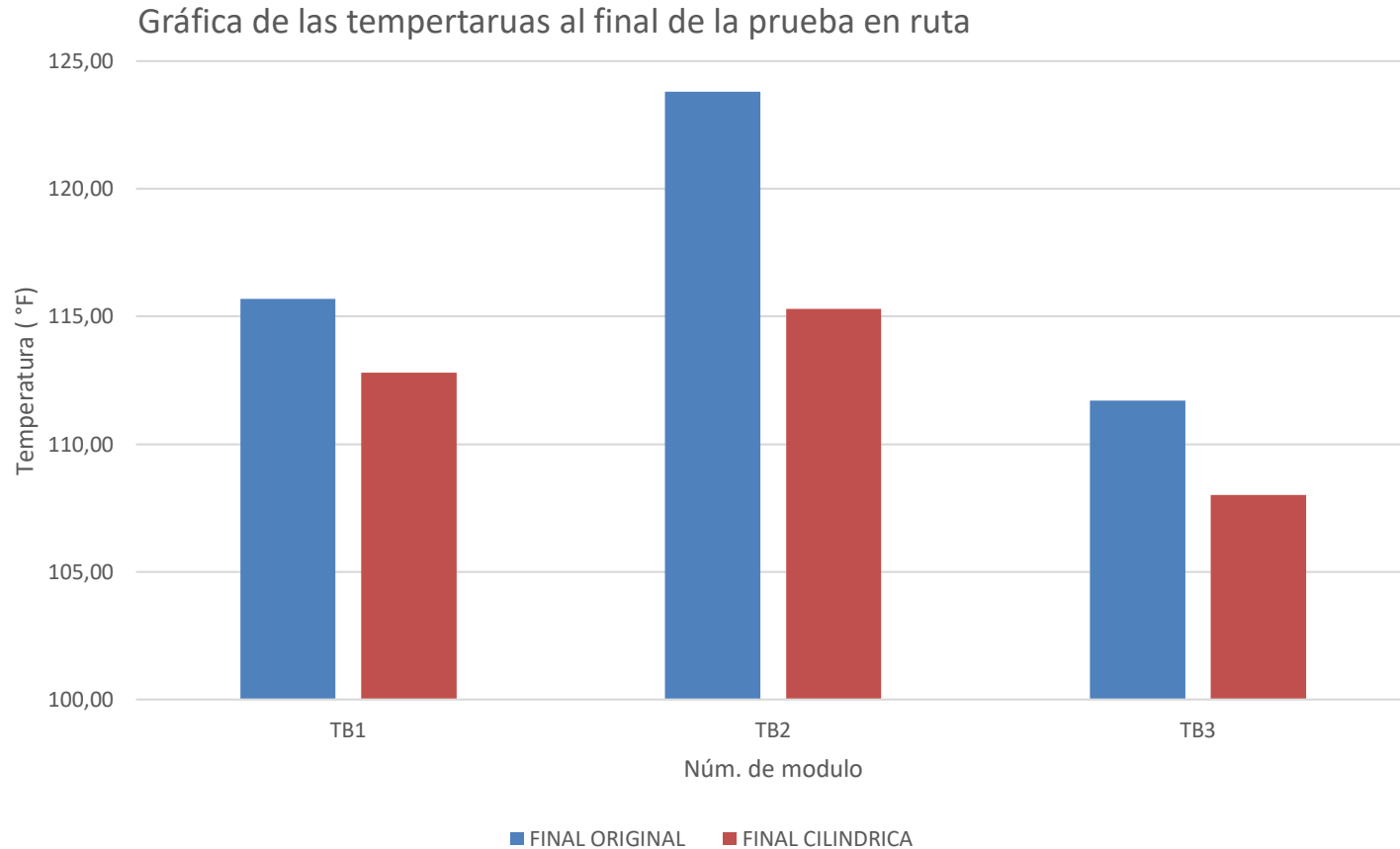


- En la tabla se observa que al comienzo de la prueba de ruta las baterías de celdas cilíndricas tienen menor temperatura en los sensores TB1 y TB3, y es mayor en el TB2 debido a que existe emisiones de calor en ambos bloques evitando así una disipación adecuada para el bloque de la mitad.



# Temperatura de cada sensor al final del recorrido

[ °F]



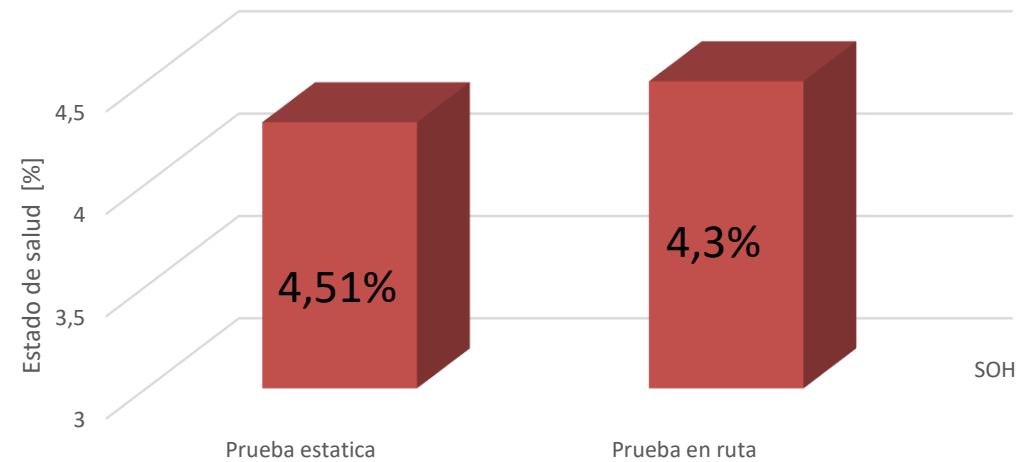
- En la tabla se puede observar que la temperatura del TB2 es más elevada en ambas baterías ya que tiene menos espacio para la transferencia de calor con el medio ambiente y la disipación del mismo por efecto de la refrigeración del ventilador



# Rendimiento de la batería según la variación de temperatura.

PROCESO	FORMULA
Estado de salud	$\%SOH = \left( \frac{Prom.T.Bateria\ cilid.* 100}{Prom.T.HN} \right)$

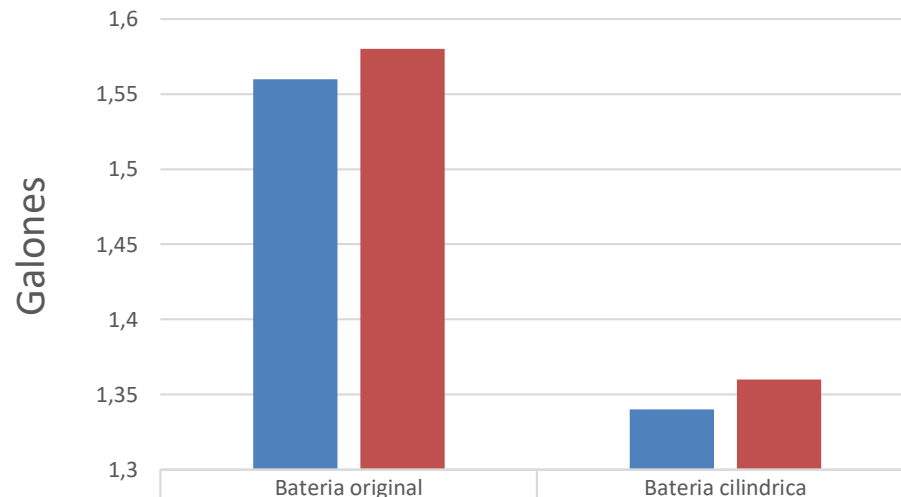
Comparacion de la variacion del SOH en la prueba estatica con la de ruta



# Consumo de combustible.

PROCESO	FORMULA
Consumo de combustible al final de la ruta	$Cons.Com. = Med.Dis * Dist$
Consumo de combustible en galones	$Cons.G = 0,264172 * Cons.Com$

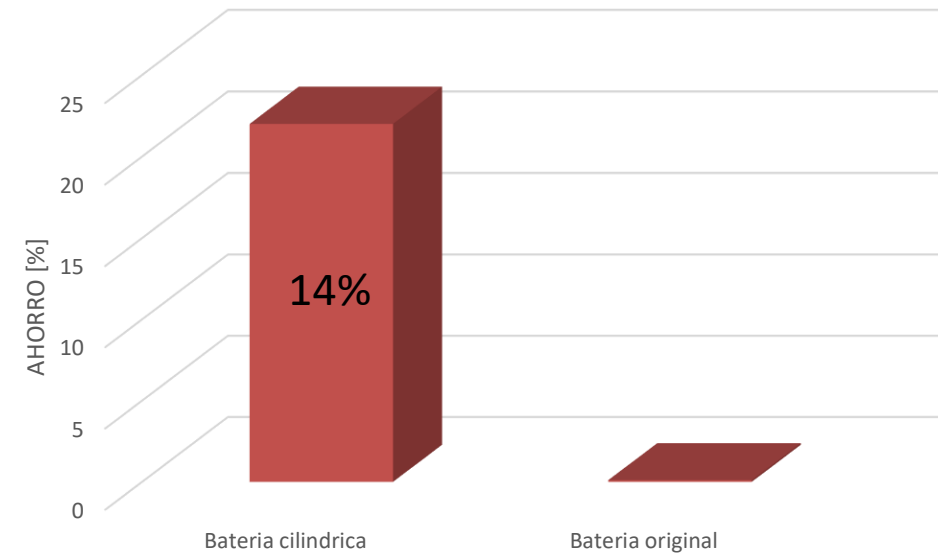
Consumo de combustible



■ Dsplay del vehiculo	1,56	1,34
■ Interfaz OBD wiz	1,58	1,36

■ Dsplay del vehiculo ■ Interfaz OBD wiz

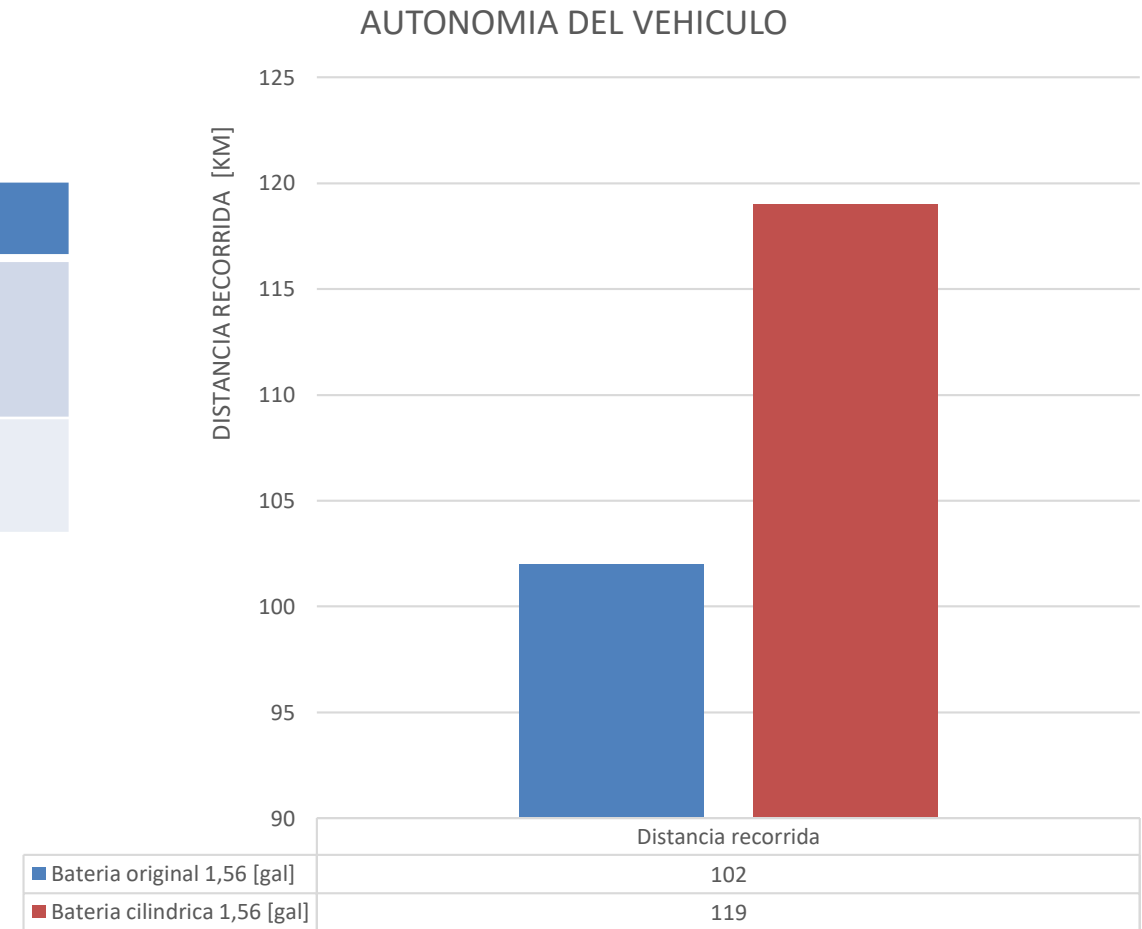
Ahorro de combustible.



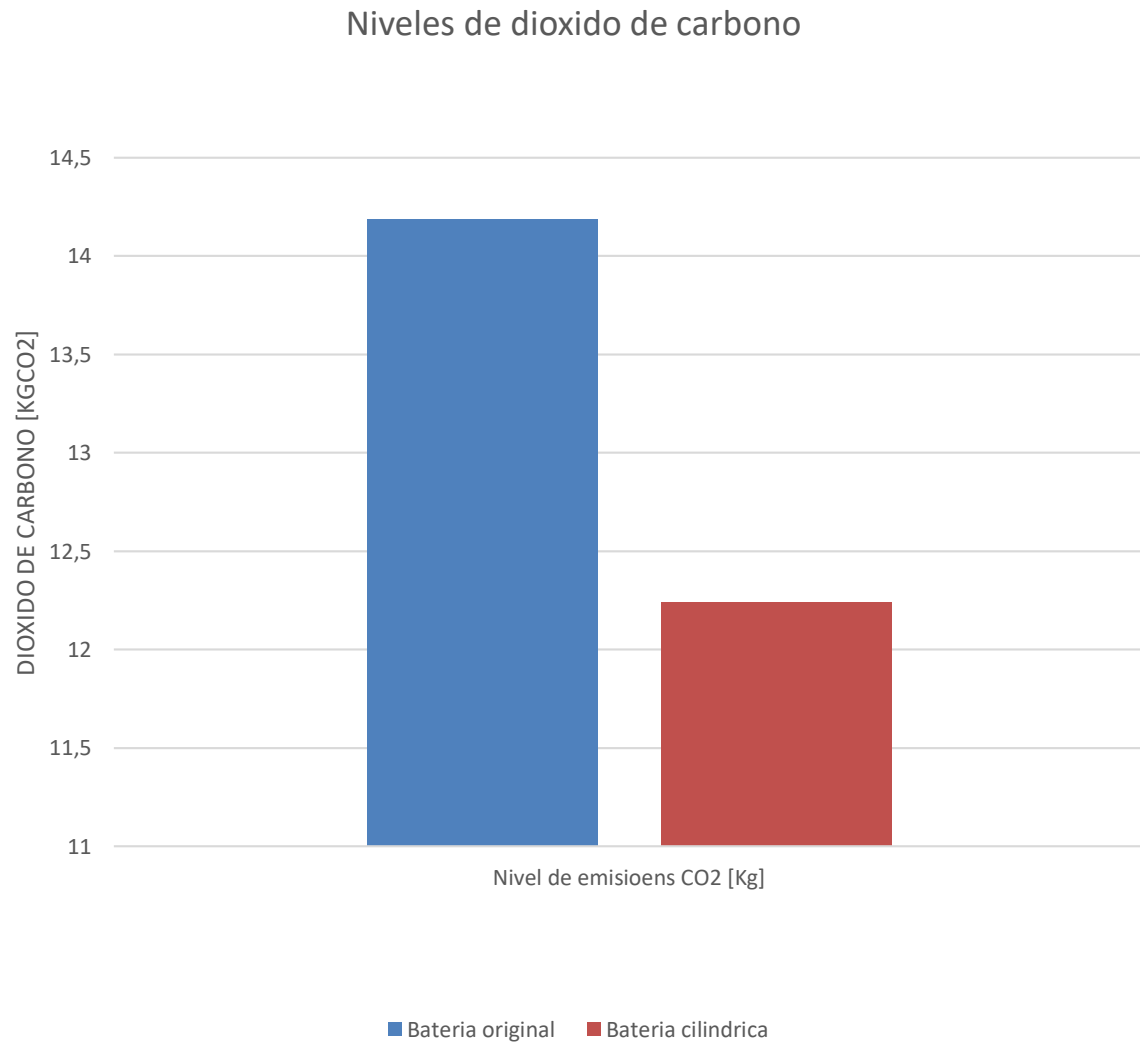


# Autonomía del vehículo .

PROCESO	FORMULA
Distancia recorrida por galón	$Dist.G = \frac{Dist}{Cons.G}$
Autonomía	$Auto.V = Dist.G * Cons.G$



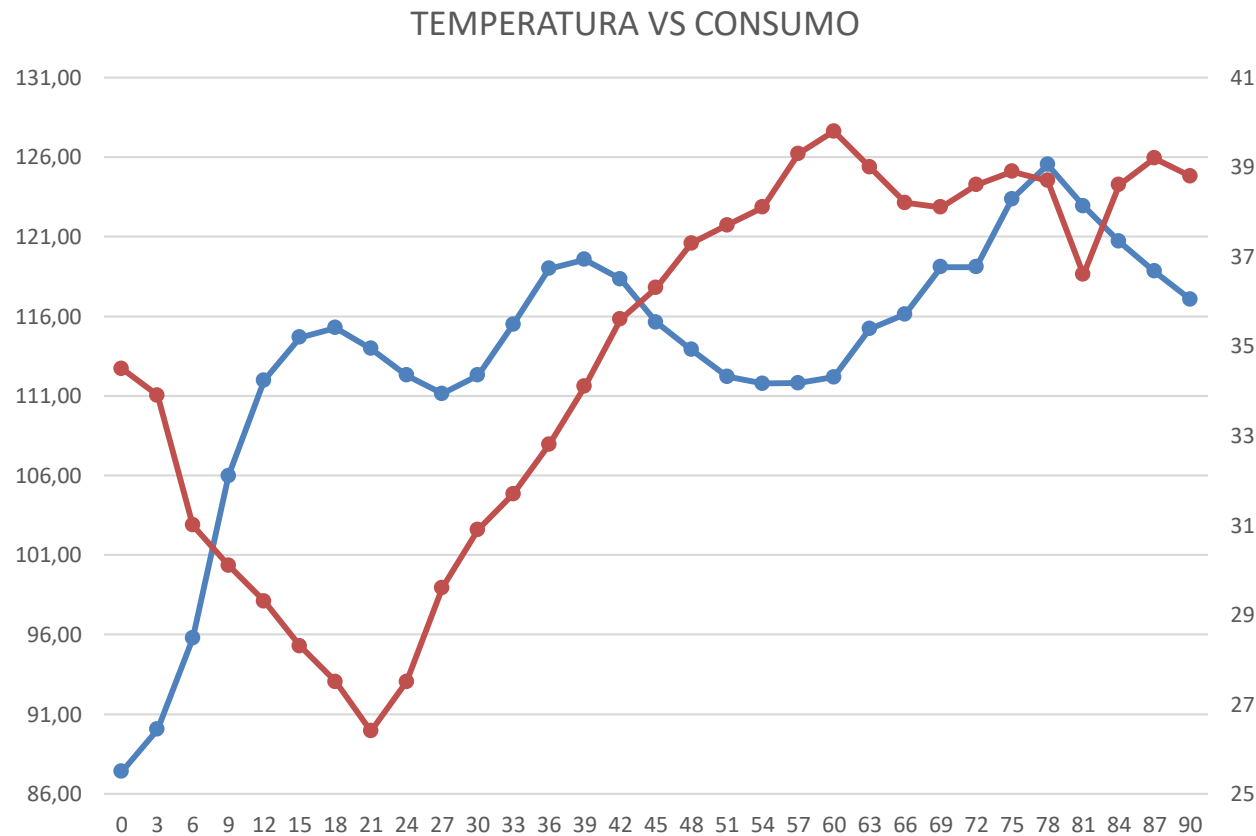
# Niveles de emisiones de dióxido de carbono (CO2).



- Los niveles de emisiones disminuyeron en un 14% debido a la disminución del consumo de combustible.



# Correlación de la temperatura con el consumo de combustible.

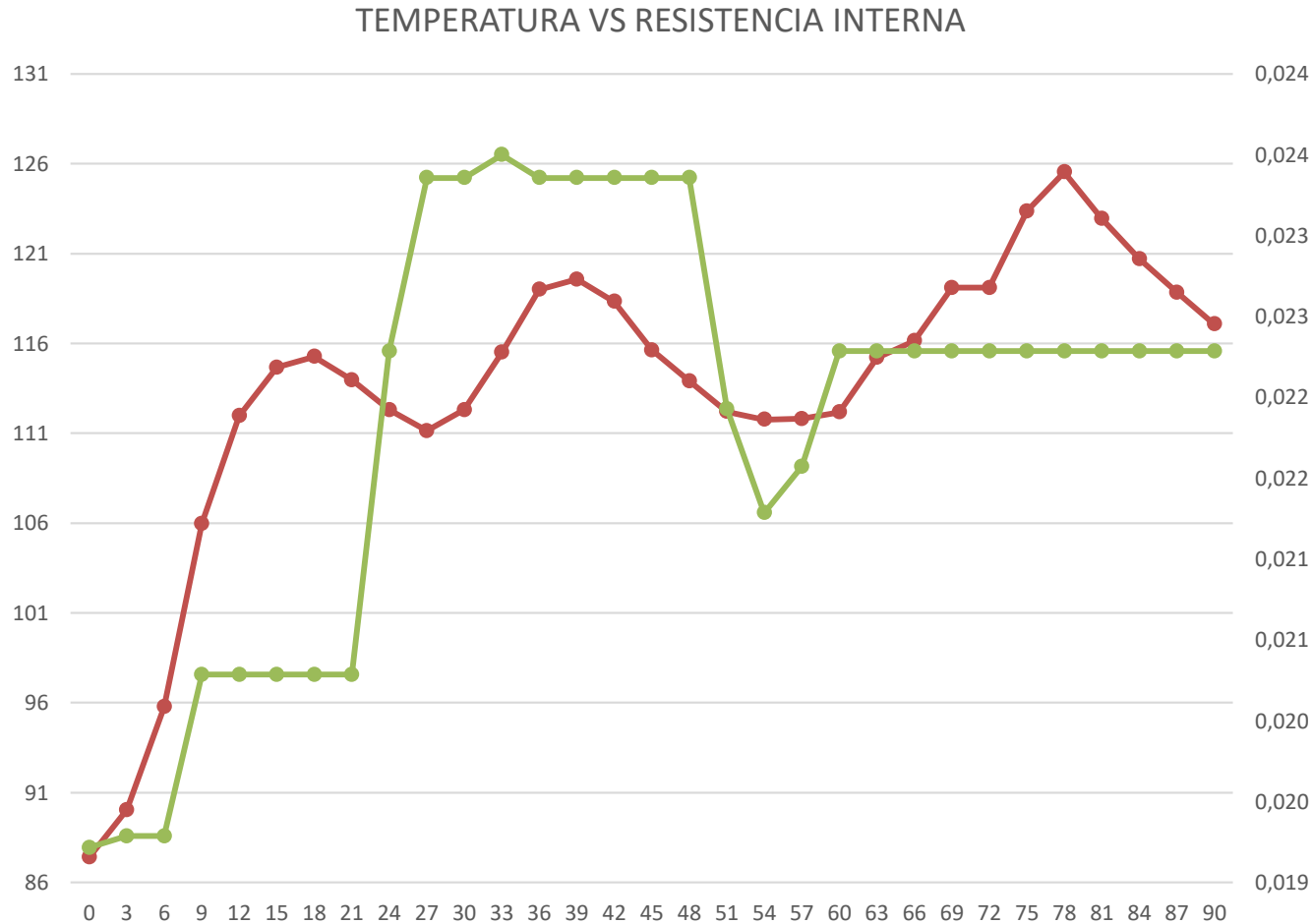


$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2} \sqrt{n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)^2}}$$

- Existe una correlación positiva débil entre el consumo de combustible y la temperatura.



# Correlación de la temperatura con la resistencia interna.





$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2} \sqrt{n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n y_i\right)^2}}$$

- Existe una correlación positiva moderada entre el la resistencia interna y la temperatura.



# Costo de la batería original vs la alterna.

**CONCESIONARIO AUTORIZADO TOYOTA**

AGENCIA LOS CHILLOS  
AV. SAN LUIS Y NOVENA TRANSVERSAL  
QUITO  
CONTRIBUYENTE ESPECIAL No 92  
RESOLUCIÓN No 5368

**COTIZADO**

**R.U.C.:** 1790009459001  
**CASABACA S.A.**  
**PROFORMA No 0018144**

**REPUESTOS**

---

**CLIENTE:** NOMBRE: NAVARRETE PROANO LIGIA  
RUC/CC: 1802293413  
DIRECCIÓN: AV. GRL. RUMIÑAHUI 772 E ILALO

**CÓDIGO:** 72707  
**ENTREGA APROX.:** 02/07/2019  
**EMAIL:** ligia.navarrete@hotmail.com  
**CHASIS:**

**FECHA:** 02/07/2019  
**CIUDAD:** SANGOLQUI

**VENDEDOR:** VINICIO PEREZ  
**TELÉFONO:** 0998305933

---

FR	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANT	DÍAS DE ENTREGA	PRECIO UNITARIO	US. \$	VALOR TOTAL	
A	GXXXXXXX	BATERIA ALIMENTACION HIBRIDA <i>PRIUS C</i>	1	1	1.600,00		1.600,00	
A	GXXXXXXX	BATERIA ALIMENTACION HIBRIDA <i>PRIUS 36</i>	1	1	1.800,00		1.800,00	
							<b>SUMAN</b>	3.400,00
							<b>DESCUENTO</b>	0,00
							<b>TRANSPORTE</b>	0,00
							<b>OTROS CARGOS</b>	0,00
							<b>VALOR NETO</b>	0,00
							<b>IVA 12%</b>	0,00
							<b>INTERESES</b>	0,00
							<b>TOTAL</b>	3.400,00

**CONCESIONARIO DE REPUESTOS TOYOTA**

**VALIDEZ DE LA COTIZACIÓN 10 DÍAS**

**EL VENDEDOR**  
POR CASABACA S.A.

**EL COMPRADOR**  
ACEPTO CONFORME A LOS TÉRMINOS ESTABLECIDOS Y LA DISPONIBILIDAD DE STOCK

**NOMBRE:**  
C.C.

**ORIGINAL CLIENTE**


Autorizo(amos) expresa e irrevocablemente a CASABACA S.A. para que obtenga cuantas veces sean necesarias, de cualquier fuente de información, incluidos los burós de crédito, mi información de riesgos crediticios, de igual forma, queda expresamente autorizado para que pueda transferir o entregar dicha información a los burós de crédito y/o a la Central de Riesgos si fuere pertinente.

AGENCIA MATRIZ: Av. 10 de Agosto N21-281 y Carrión  
AGENCIA CARRION: Carrión 1030 y Av. 10 de Agosto  
AGENCIA LOS CHILLOS: Av. San Luis y Novena Transversal  
AGENCIA EL COCA: Alejandro Labaca y vía a Lago Agró  
AGENCIA EL SUR: Av. Maldonado y el Tablón s/n frente al Comercio

1800 227222  
CASABACA

AGENCIA SANTO DOMINGO: Esmeraldas S/N y Av. de los Colonos  
AGENCIA CUMBAYÁ: Interoceánica Km. 14 1/2  
AGENCIA JARDÍN: Av. República 710 y Av. Eloy Alfaro  
AGENCIA EL CONDADO: Av. de La Prensa y Mariscal Sucre

099-99-00-307



**ENNOPRO GROUP LIMITED**  
7TH FLOOR, HUARONG BUILDING,  
QIAOLIAN EAST, BULONG ROAD  
LONGGANG DISTRICT, 518129 SHENZHEN,  
GUANGDONG, CHINA  
P: 0086-755-89205835  
info@ennopro.com  
www.ennopro.com

PI NO: EPP12019011101C2  
DU201901036

PO NO: DU201901036

CUSTOMER NO: DU201901036

INVOICE DATE: 11/11/2019  
DELIVERY TIME: 30~60 days

---

**CONTACT PERSON:** Allen Herrera  
**ADDRESS:** Río peripa lote 95 y Avenida Occidental, Quito, Ecuador  
**MOBILE:** 00593984256177

CURRENCY: USD

ITEM	MODEL	DESCRIPTION	QUANTITY	UNIT PRICE	TOTAL
1	EC-T-SERIES-Gen3-202V	EnnoCar Version2.0 Ni-MH 202V 6.5Ah Cylindrical Hybrid Car Battery for Toyota Prius Gen3 2010~2015	14	\$71.36	\$999.00
2	EC-T-SERIES-Gen3-14.4V	EnnoCar Version2.0 Ni-MH 202V 6.5Ah Cylindrical Hybrid Car Battery Module for Toyota Prius Gen3 2010~2015	2	\$75.00	\$150.00

**DELIVERY TERM:** CNF to Ecuador

**SHIPPING COST:** \$650.00

**PAYPAL FEE:** \$89.95

**TOTAL:** \$1.888.95

PAYMENT METHOD: PAYPAL  
PAYPAL ACCOUNT: www.paypal.me/ennopro

ENNOPRO GROUP LIMITED



# Costo de la batería original vs la alterna.

EMPRESA	ÍTEM	VALOR UNITARIO	UNIDADES	VALOR TOTAL
ennopro	ec-t-series-gen3-202v	71,36	14	999,04
ennopro	ec-t-series-gen3-14.4v	75,00	2	150
ennopro	shipping cost	650,00	1	650
ennopro	paypal fee	89,95	1	89,95
liquidacion senae	impuestos para desaduanizar	449,64	1	450,24
fedex	tramites aduanas	129,95	1	129,95
importador	importación	50,00	1	50
			TOTAL	2519,18



# CONCLUSIONES



Se recopiló información de fuentes confiables como tesis, manuales, fichas técnicas, normas y publicaciones afines a la temática de la investigación.

Se implementó protocolos de pruebas para analizar las características funcionales de cada batería tanto con el vehículo en movimiento como estático.

Se analizó los flujos de datos relevantes obtenidos a través de la visualización de los PIDS con la interfaz Mini VCI J2534 y el software Techstream en los diferentes protocolos de pruebas planteados.

Se analizó el consumo de combustible obtenido a través de la visualización del consumo con la interfaz OBD Link SX junto con el software OBD Wiz y se corroboró con la medición del display del Toyota Prius de tercera generación.

Se analizó el estado de salud de ambas baterías en función de la corriente de carga, el SOC en el cual se activa el MCI, el SOC de desactivación del MCI y el tiempo utilizado en este proceso con el vehículo detenido, obteniendo que el tiempo de descarga de la batería alterna es mayor corroborando que se encuentra en un mejor estado de salud.



Se analizó el estado de salud de ambas baterías en función de la temperatura y la resistencia interna con los datos obtenidos en la prueba de ruta, donde se obtuvo que la batería alterna tiene un mejor comportamiento en cuanto a una menor temperatura de operación.

Se realizó graficas comparativas entre los diferentes parámetros característicos de las baterías de alta tensión para identificar la correlación existente con las diferentes variables y el consumo de combustible.





# Recomendaciones

Se recomienda utilizar el Manual del vehículo Toyota Prius de tercera generación para evitar inconvenientes al momento de retirar la batería de la alta tensión ubicada en la parte posterior.

Al momento de instalar la batería alterna tener mucho cuidado en las conexiones para evitar cortocircuitos.

Antes de realizar cualquier prueba con el vehículo en marcha asegurarse de que todos los otros sistemas estén trabajando de manera óptima.

Al realizar las pruebas en el vehículo, asegurarse de que las lecturas en los equipos se encuentren seteadas antes de comenzar.

Para la prueba en marcha del vehículo híbrido asegurarse que el nivel de combustible se encuentre completamente lleno para evitar pérdidas de información al momento de detenerlo.



En las ideas es en donde reside nuestra fuerza y tanto mejor si las sostenemos con obstinación.

Enzo Ferrari

