

Las baterías de los vehículos eléctricos: características, deterioro, tratamiento y reciclaje



Dr. C. Miguel Castro Fernández
mcastro@electronica.cujae.edu.cu



CIPEL-CUJAE

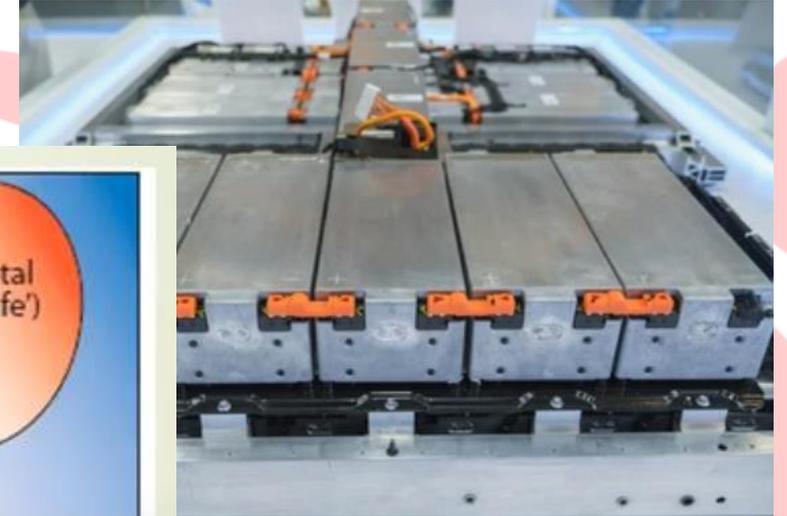
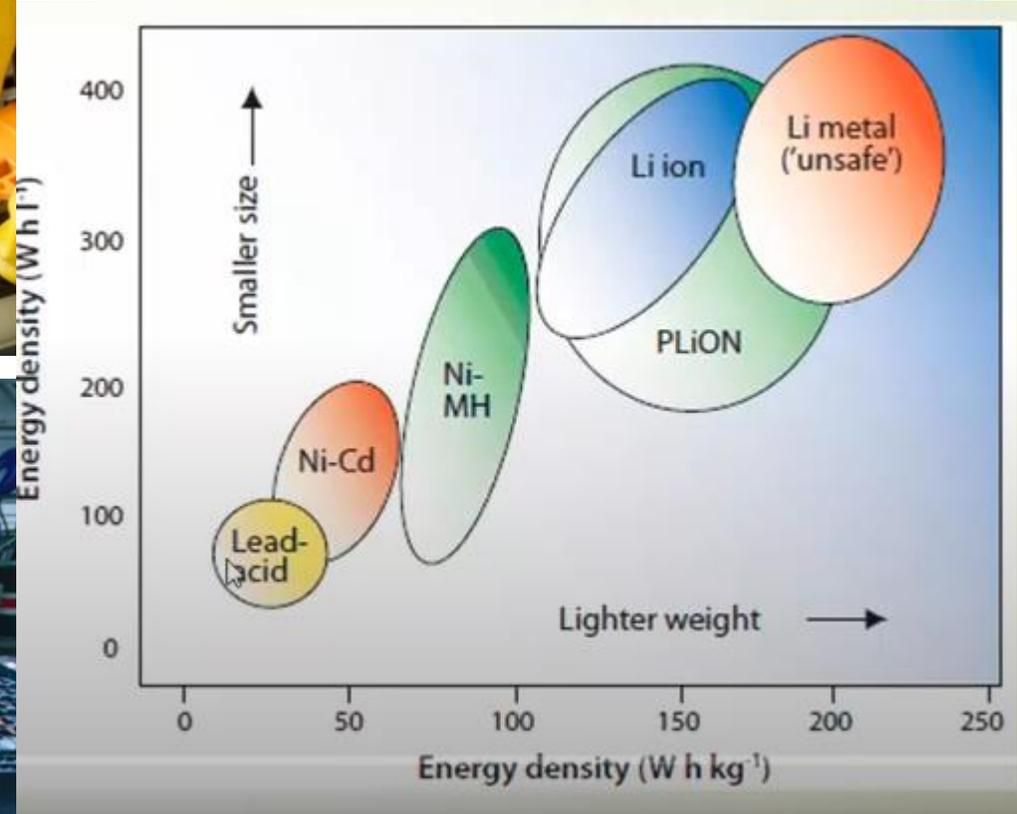


Ingeniero electricista

Introducción



Introducción



Introducción

Situación en Cuba:

- La CND actualizada de Cuba: disminuir consumo de combustibles fósiles en vehículos terrestres en un 50% para el año 2030

En la proyección de la introducción de VEs, al 2030, en Cuba se plantea la presencia de:

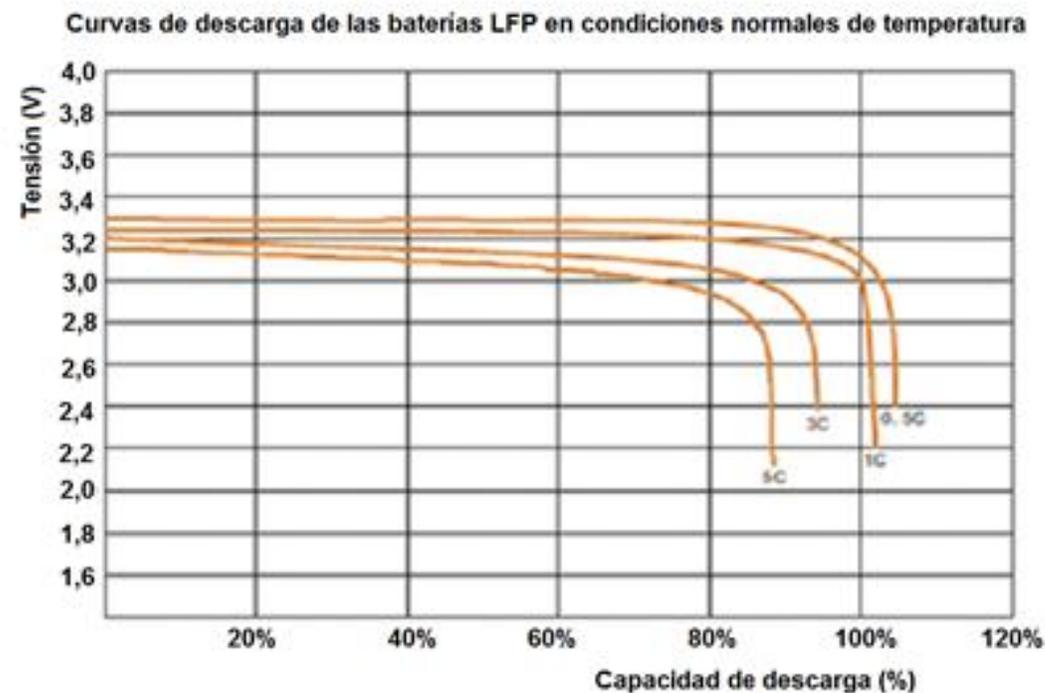
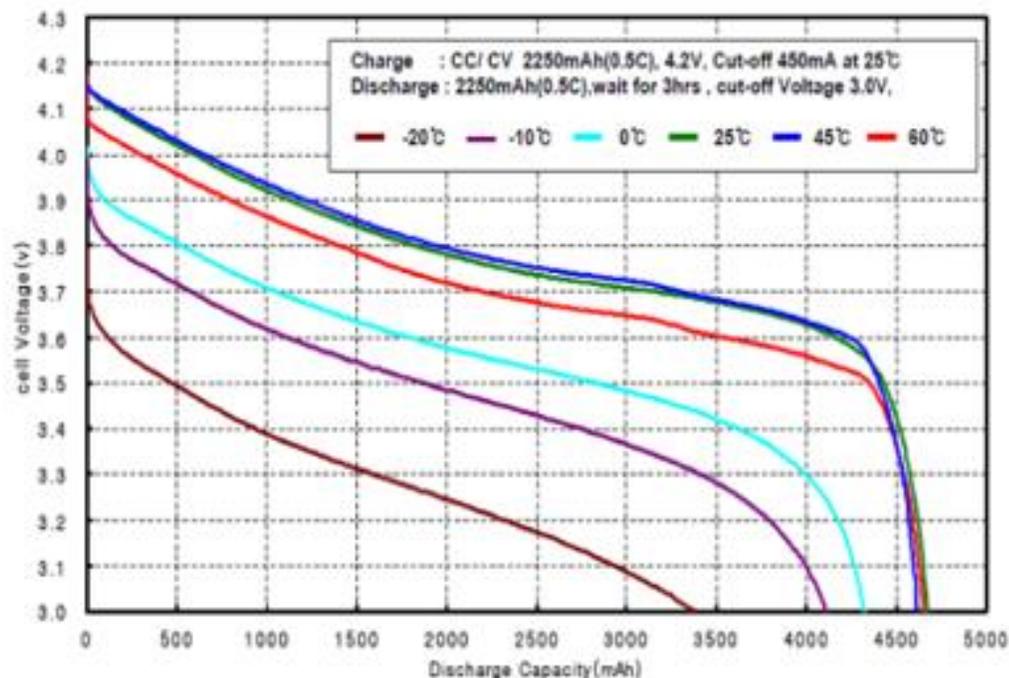
- 56 mil 704 vehículos eléctricos a batería (VEB), en el sector estatal
- Alrededor de 60 mil puntos o estaciones de carga a lo largo del país
- Presencia de alrededor de 530 mil motos y VEs en el sector particular



SITUACION PROBLEMÁTICA:

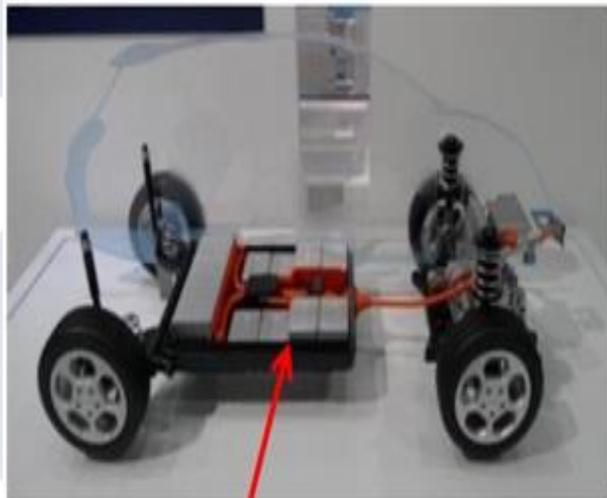
- ¿Qué nuevos problemas de seguridad se presentan con el uso de las baterías en los VEs para realizar una explotación y operación segura de las baterías?
- ¿Qué hacer con las baterías, una vez que pierden los requerimientos técnicos, para realizar el trabajo definido por los diseñadores?

Caracterización, de una batería, desde el punto de vista de la seguridad de manipulación

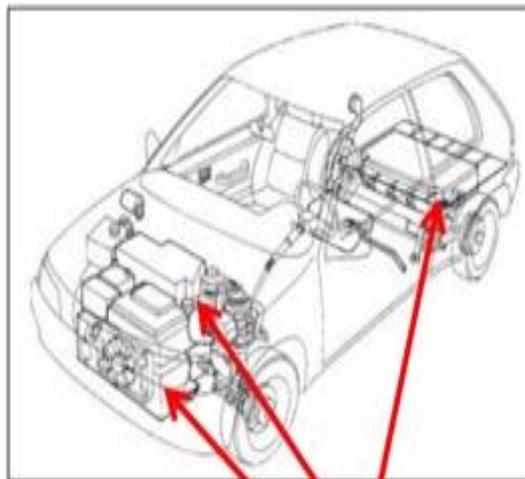


Curvas de descarga de baterías de Litio-Fosfato Potasio

Caracterización, de una batería, desde el punto de vista de la seguridad de manipulación



Paquete de baterías ubicado en un lugar concreto del chasis de la carrocería



Paquete de baterías repartido por todo el chasis de la carrocería

El coche eléctrico Fluence, por ejemplo, tiene el battery pack en posición vertical (muy poco usual) y cerca del maletero.



Cuando paquete de baterías tiene un tamaño mediano (por ejemplo en vehículos híbridos), el battery pack se puede encontrar también en el maletero del vehículo.

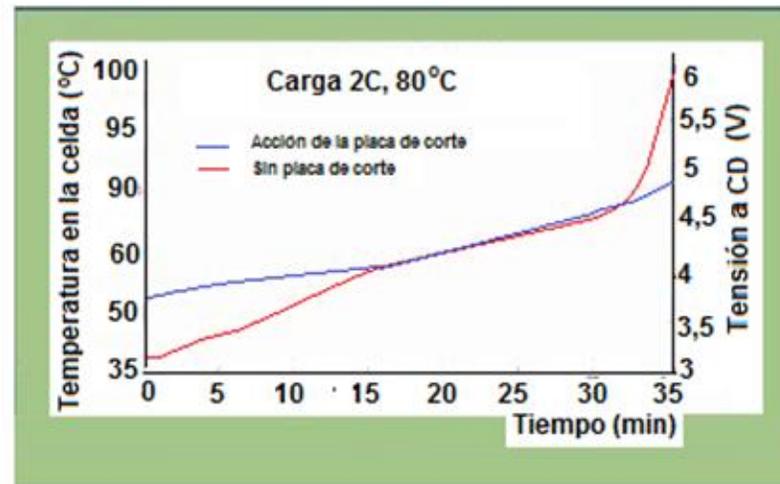
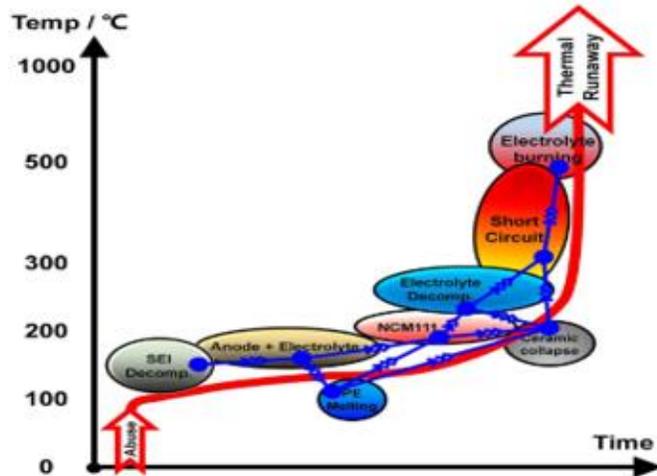
Diferentes ubicaciones de las baterías en los VEs

Caracterización, de una batería, desde el punto de vista de la seguridad de manipulación

Problemas que se presentan durante la explotación de una batería de litio

- La temperatura
- La dificultad de apagar un incendio

- a. Temperaturas superiores a 38 °C las comienzan a envejecer.
- b. Temperaturas superiores a los 60°C provocan su incendio y explosión.



Proceso de embalamiento térmico en las baterías de Litio

Caracterización, de una batería, desde el punto de vista de la seguridad de manipulación

Cathode material	Specific capacity (Ah/kg)	Characteristics	Thermal runaway temperature (°C)
LCO	155	High energy density. Good cycle life. Thermal stability issue. Used in portable electronics.	150
LMO	100-120	Great thermal stability. Acceptable cycle life. Used in power tools and EVs.	250
NCA	180	Excellent energy and cycle life. Sensitive to moisture. Used in selected electronics and EVs.	210
NMC	160	Good energy, thermal stability, and cycle life. Patent issues. EVs and industrial uses.	210
LFP	160	Good thermal stability and cycle life. Minor energy density. High endurance applications.	270

Temperatura a la cual se inicia el embalamiento térmico para diferentes tipos de cátodos

Temperatura umbral promedio para baterías de Litio: 171°C

Caracterización, de una batería, desde el punto de vista de la seguridad de manipulación

Estudios para limitar o evitar las condiciones de abuso de las baterías de VEs.

- Xu y colaboradores: proponen el empleo de minicanales, dentro del paquete de baterías, con agua como refrigerante.
- Hoffman y colaboradores: plantean disminuir la presión dentro del paquete de baterías
- Otros reportes: plantean que el uso de materiales, con cambio de fase].

PROBLEMAS CON ESTOS ENSAYOS:

En muchos de estos ensayos son necesarios equipos muy específicos de alta calidad como los calorímetro de velocidad de aceleración (ARC) y la tecnología de calorimetría de barrido diferencial (DSC)

Caracterización, de una batería, desde el punto de vista de la seguridad de manipulación

BOMBEROS FRANCIA



Ana Olona



→ Extinction totale de la batterie 400V en moins d'une minute

Enfrier directement la batería: tapa termofusible



zoom

Soluciones de seguridad al intervenir los bomberos

Caracterización, de una batería, desde el punto de vista de la seguridad de manipulación

CONTENEDOR CON AGUA



*Bomberos Holandeses: BMW i8
sumergido durante 24 horas en agua*

Soluciones de
seguridad al
intervenir los
bomberos

Tratamiento de las baterías al final de su vida en un VE

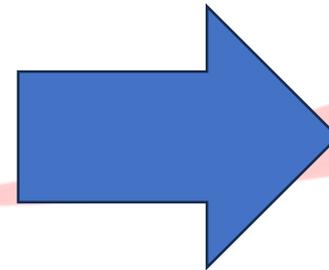
¿Qué hacer con las baterías, una vez que haya terminado su vida, en un VE?

Una batería retiene, en su mayor parte, entre un **70-80%** de su capacidad inicial tras ser retirada de un VE, por lo que puede ser perfectamente **válida** para otros empleos en lugar de convertirse en un **residuo**.

En caso de no poder ser utilizada en esa segunda vida, se tiene otra opción:



Segunda vida de las baterías



Reciclaje

Tratamiento de las baterías al final de su vida en un VE

¿Qué hacer con las baterías, una vez que haya terminado su vida, en un VE?

Segunda vida de las baterías



Alternativas:



- Rehabilitación
- Reacondicionamiento

Rehabilitación



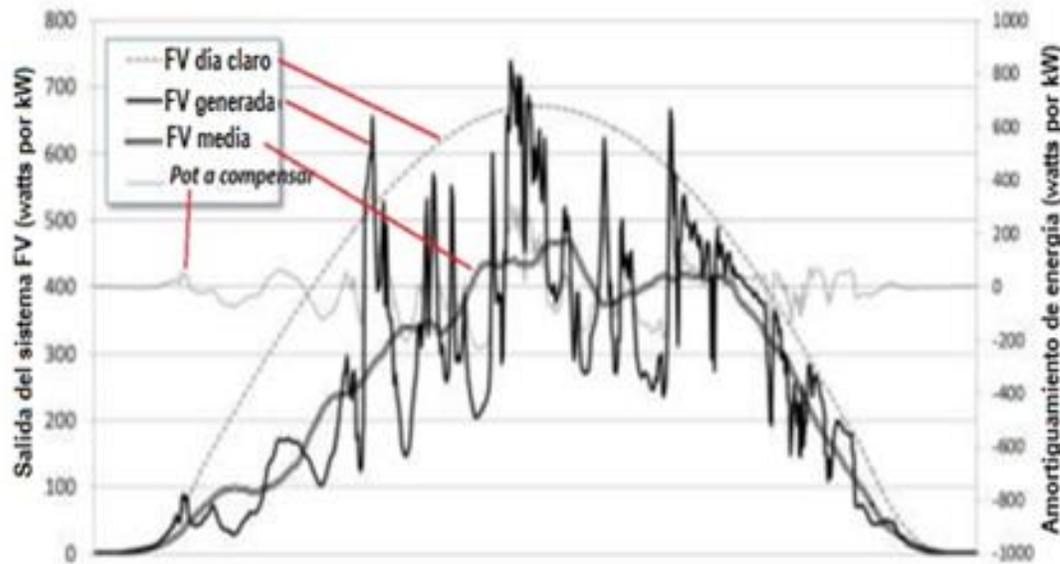
- Optimizar la producción en instalaciones FRE
- Cubrir necesidades energéticas de una instalación particular



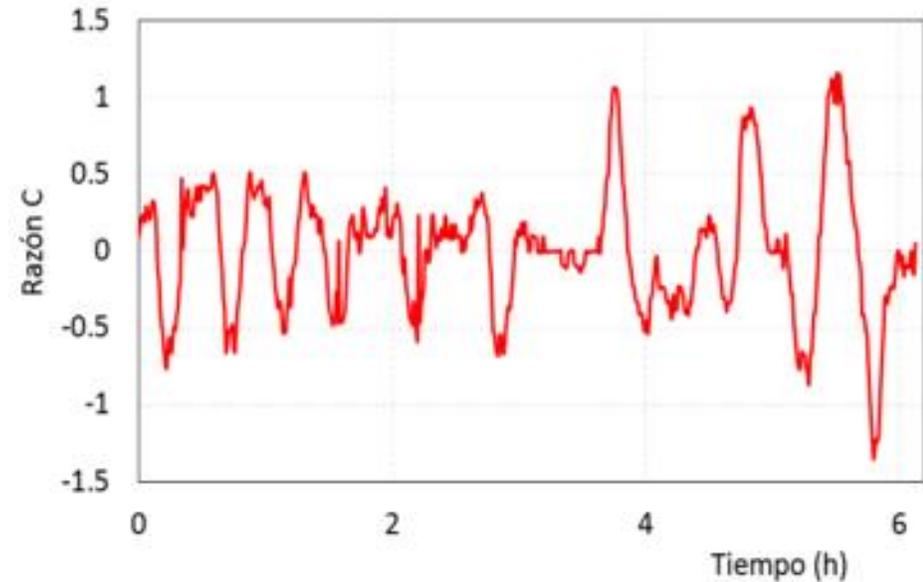
Almacenar el sobrante de energía que producen y cubrir pico de demanda

Tratamiento de las baterías al final de su vida en un VE

¿Qué hacer con las baterías, una vez que haya terminado su vida, en un VE?



a. Compensación de generación solar



b. Compensación de la variación de frecuencia

Tratamiento de las baterías al final de su vida en un VE

¿Qué hacer con las baterías, una vez que haya terminado su vida, en un VE?

Reacondicionamiento



Fuente de alimentación para:

- Equipos que utilizan baterías de menor potencia (bicicletas y motos eléctricas)
- Cocinas móviles
- Furgones
- Camiones de refrigeración

Tratamiento de las baterías al final de su vida en un VE

¿Qué hacer con las baterías, una vez que haya terminado su vida, en un VE?

Reciclaje



Proceso



- Desmontaje: separar los componentes clave, como cátodos, ánodos y electrolitos.
- Separación de materiales: metales y plásticos, para su reciclaje individual.
- Recuperación de metales: metales valiosos se recuperan y se reutilizan en la fabricación de nuevas baterías.
- Tratamiento de residuos: cualquier material restante.

Tratamiento de las baterías al final de su vida en un VE

¿Qué hacer con las baterías, una vez que haya terminado su vida, en un VE?

Reciclaje de las
baterías de litio

Proceso No.1.
Recuperación
de metales



- Pirometalurgia
- Hidrometalurgia
- Biolixiviación

Proceso No.2.
Reciclaje
directo



- Métodos físicos (separación magnética)
- Tratamiento térmico moderado

Tratamiento de las baterías al final de su vida en un VE

¿Qué hacer con las baterías, una vez que haya terminado su vida, en un VE?



EQUIPOS PARA SEGURIDAD EN EL TRABAJO DEL LABORATORIO DE ENSAYOS
Y CERTIFICACIÓN DE BATERÍAS

Tratamiento de las baterías al final de su vida en un VE

¿Es necesario este laboratorio?

- Además de dar respuesta a homologar y certificar las baterías que comercialmente se venderían o importarían para Cuba, la definición de si una batería puede tener alguna de las variantes de segunda vida mencionada se considera una total justificación para el mismo.
- Experiencias internacionales han demostrado que no definir si las baterías están en condiciones de trabajar bajo el régimen que se plantea en una segunda vida, ha provocado incendios y explosiones.

Ejemplos: En EE. UU los accidentes con bicicletas y motos eléctricas se han incrementado en 408% en dos años (del 2021 al 2023).

En Cuba, se conoce que, año tras año, se han incrementado estos accidentes.

Tratamiento de las baterías al final de su vida en un VE

¿Es necesario este laboratorio?

- Expertos en EE. UU plantean que el verdadero problema, asociado a estos accidentes, radica en la falta de regulación.
- Las normas de fabricación deficientes crean baterías más volátiles, menos robustas y, por tanto, propensas al embalamiento térmico que provoca los incendios.
- Es por ello que consideran que hay que someter a las baterías eléctricas a numerosas pruebas y ensayos hasta comprobar su confiabilidad.

Tratamiento de las baterías al final de su vida en un VE

CONCLUSIONES

- Es una realidad que, el tema de las baterías que hoy se emplean en los VEs, es ciertamente complejo, no sólo desde el punto de vista de la seguridad eléctrica (explotación, manipulación, mantenimiento y reparación), sino también del punto de vista de qué hacer con ellas una vez cumplan su vida útil en composición del propio VE.
- Determinar la posible segunda vida de una batería o paquete de baterías es un proceso que se presenta para seguir dándole uso, pero requiere de una infraestructura de laboratorio para no caer en problemas mayores posteriormente a este segundo uso.
- Por otro lado, aunque el reciclaje de las baterías de los VEs presenta desafíos, la industria está comprometida en encontrar soluciones sostenibles. La responsabilidad compartida entre fabricantes y consumidores es fundamental para garantizar un ciclo de vida más ecológico para estas baterías y contribuir a la construcción de un futuro más limpio, sostenible y sustentable.

Las baterías de los vehículos eléctricos: características, deterioro, tratamiento y reciclaje



Dr. C. Miguel Castro Fernández
mcastro@electronica.cujae.edu.cu



CIPEL-CUJAE



Ingeniero electricista