

Electrical Energy – ESS research group

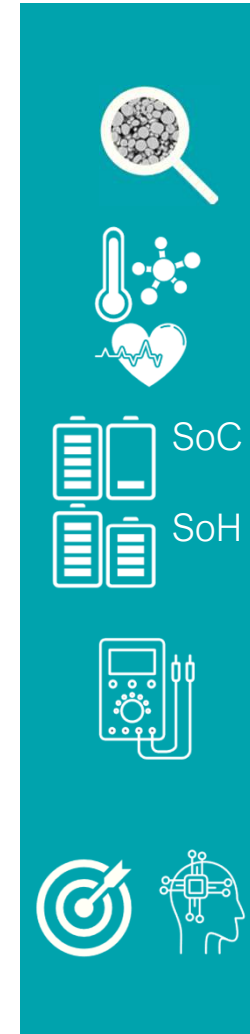
Unai Iraola

Mondragon Unibertsitatea, Faculty of Engineering, Loramendi 4,
Mondragon 20500 Gipuzkoa, Spain

Contact e-mail: uiraola@mondragon.edu



1. Nuevas baterías que tengan una vida y una densidad de energía y potencia mayor, desde los **materiales**.
2. Maximizar las prestaciones de las tecnologías actuales, sobre todo desde el punto de vista de su **vida útil**.
3. Una vez que estas baterías están funcionando en una aplicación hay que **estimar** su **estado** de carga (SoC), su estado de salud (SoH) y su estado de potencia o cuánta potencia puede aplicarse (SoP).
4. La **seguridad** es un problema, autobuses que cogen fuego, patinetes eléctricos ardiendo, fenómenos de thermal runaway.
5. **Nuevas configuraciones o topologías de batería** que permitan mayor flexibilidad al sistema de almacenamiento, tanto para su control, detección de fallos, reemplazo de módulos y el uso de baterías distintas dentro del mismo battery pack.
6. **Dimensionamiento** y **uso inteligente** de baterías en aplicaciones estacionarias y de movilidad.



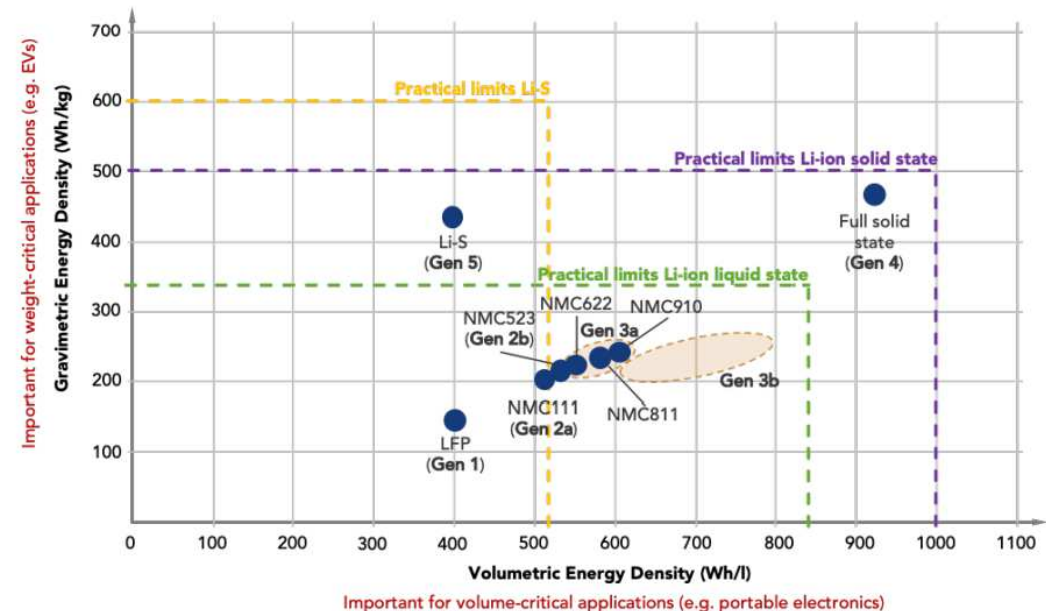
1

Los retos del futuro en el campo de las baterías

Diseño y desarrollo de nuevas tecnologías

- Las aplicaciones de hoy en día demandan tecnologías más **seguras**, con una **vida** más larga y unas mejores **prestaciones**.
 - Celdas de más tensión.
 - Mayor densidad de energía y potencia.
 - Celdas que permitan realizar cargas más rápidas.
 - Ampliar el rango de temperatura de operación de estos sistemas.
- Además, es necesario **reducir los costes** asociados a este tipo de tecnologías.
- Utilizar **materiales menos contaminantes** manteniendo las prestaciones del sistema.

- Para conseguir esto, las principales tecnologías de las que se habla son las baterías de **estado sólido**, las basadas en litio **sulfuro** y las más lejanas como el litio **aire**.



Advanced Materials for Clean and Sustainable Energy and Mobility EMIRI
key R&I priorities

Dimensionado de la batería

- Hoy en día, al realizar una instalación de una batería, ya sea aislada de red o no hay que **garantizar la duración** de esa batería durante unos años.
- La **degradación** de las baterías depende por norma general de la **temperatura**, la **profundidad de descarga**, el **estado de carga medio** y de la **corriente aplicada**.
- A pesar de conocer algunos factores que intervienen en su degradación, sigue habiendo un desconocimiento importante en este campo.
- Esto hace que dimensionar un sistema para x años no sea sencillo:
 - Procesos de **degradación**.
 - **Generación** renovable **aleatoria**.
 - **Consumo variable**.
 - Tecnologías de batería que necesitan **gestiones** totalmente **distintas**, ejemplo Pb y Li.
- Todo esto hace que hoy en día normalmente se **sobredimensione** la batería.

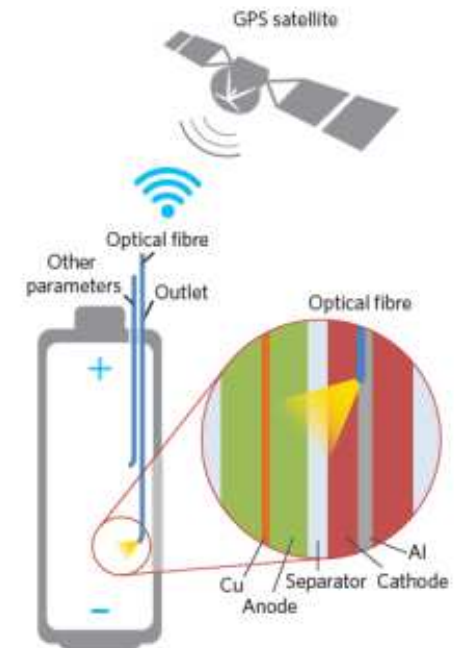


Instalación fotovoltaica aislada con baterías de plomo ácido, "Hybrid and Intelligent Energy Storage Systems in Standalone Photovoltaic Applications", Iván Sanz PhD dissertation

Maximizar prestaciones de las tecnologías actuales

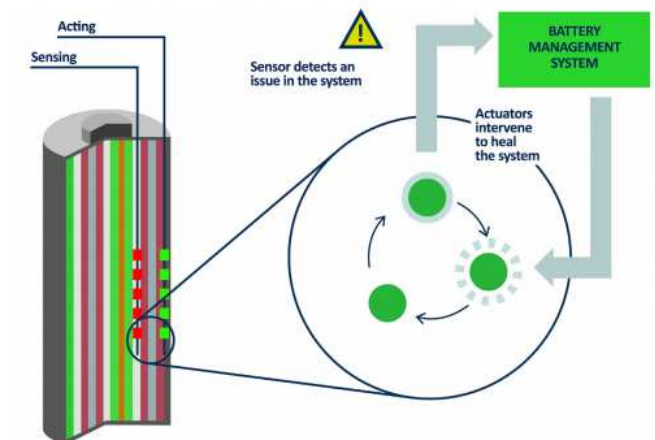
1. Sensorización inteligente. (Relacionado con la seguridad)

- Incluir **sensores dentro de las celdas** de batería que permitan:
 - Mejorar la **seguridad**.
 - Alargar su **vida** útil.
 - Incrementar la **calidad** de estos sistemas.



2. Materiales autorreparables.

- Consiste en diseñar materiales que se **autorreparen** o materiales que a través de un estímulo externo consigan repararse.
- De momento, **pocos avances** en este campo.



Maximizar prestaciones de las tecnologías actuales

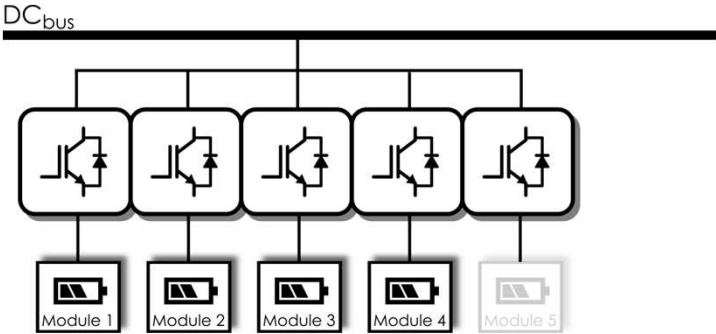
3. A través del BMS de la batería.

- Dotar al BMS de una **inteligencia mayor**, de tal forma que pueda realizar una **gestión más optimizada** de la batería.
- Por ejemplo, en una aplicación de **carga rápida de vehículo eléctrico**, en la que hay varios factores que influyen en una degradación prematura:
 - Las bajas temperaturas.
 - Los estados de carga altos.
 - Las corrientes altas.
- Se está investigando en:
 - Gestores de carga más inteligentes.
 - Gestores térmicos más inteligentes.
 - Gestión de potencia de batería más avanzada.



Maximizar prestaciones de las tecnologías actuales

- 4. Gestionar baterías grandes de manera más inteligente.
 - Hay aplicaciones como un avión o una aplicación aeroespacial en las que la **fiabilidad** es clave.
 - La batería **no puede fallar** en ningún caso pero hay veces que fallan:
 - Hacer baterías que a pesar de que uno de sus módulos falle se **asegure el suministro**.
 - Aplicaciones como camiones eléctricos en las que las **frenadas regenerativas** son cruciales.
 - Baterías con gestores térmicos enormes, **reducir esos gestores térmicos** gestionando mejor la potencia suministrada por cada módulo de batería.
 - **Garantizar una vida útil.**
 - Baterías en las que puedas **cambiar un módulo defectuoso o degradado por uno nuevo** sin problema.



2

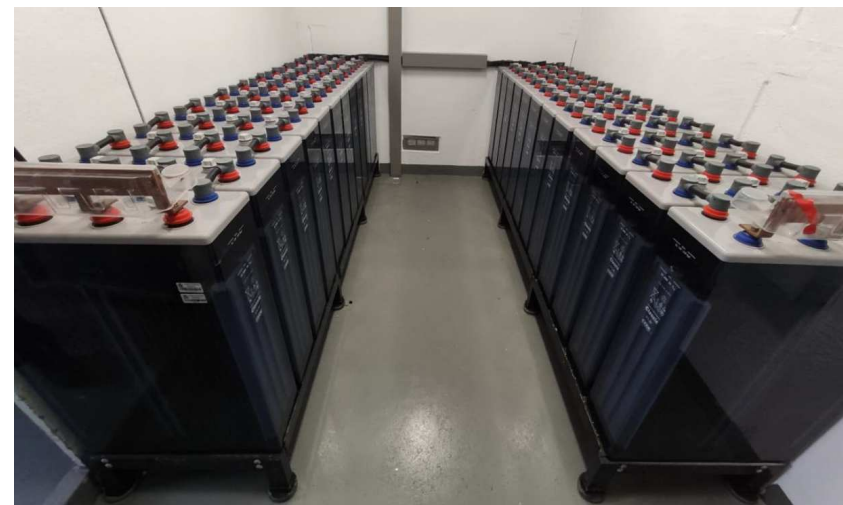
Proyectos interesantes

2.1

BATT-Ex

Monitorización de instalaciones meteorológicas aisladas

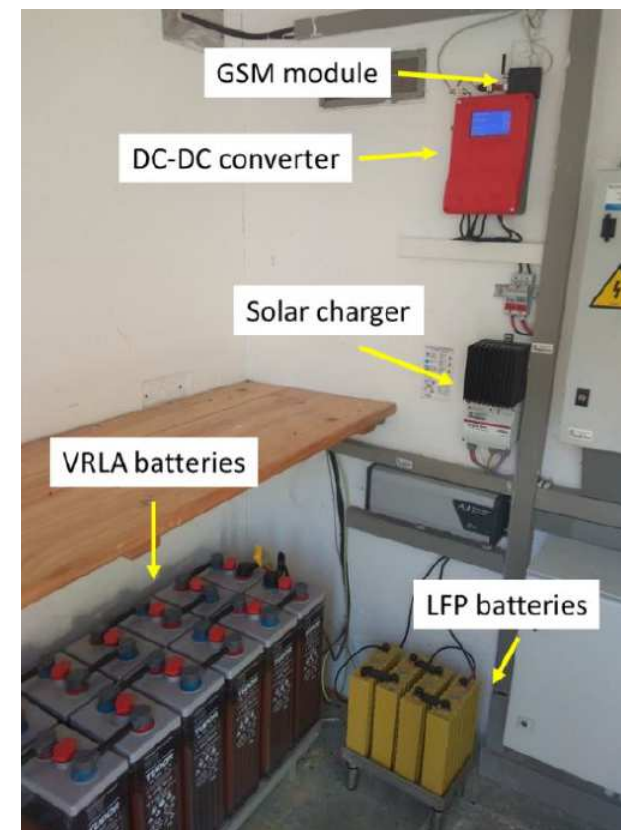
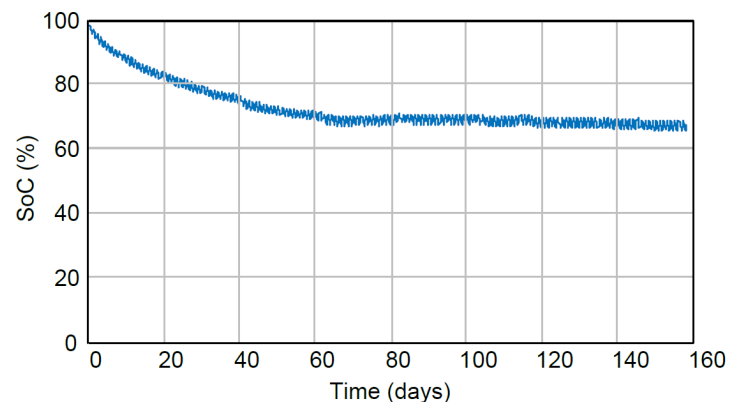
- Se instalaban paneles fotovoltaicos y baterías de plomo para alimentar sensores que adquirirían información meteorológica en lugares remotos.
- Problemática:
 - **Las baterías “morían” antes de lo esperado.**
 - Al no entender por qué, se **sobredimensionaba** el sistema hasta llegar a una batería cara y mal aprovechada.
 - El problema eran **las bajas temperaturas y los procesos de carga** que se les realizaban a las baterías, ya que al cargarlas mal, cada vez tenían menos energía disponible.



Instalación fotovoltaica aislada con baterías de plomo ácido, “Hybrid and Intelligent Energy Storage Systems in Standalone Photovoltaic Applications”, Iván Sanz PhD dissertation

Monitorización de instalaciones meteorológicas aisladas

- Como solución se planteó realizar un **híbrido entre batería de plomo con una pequeña batería de litio** que finalizara la carga completa de la batería de plomo.
- De esta manera ya **no es necesario sobredimensionar** el sistema.
- Ya se instala esta solución en distintas localizaciones.



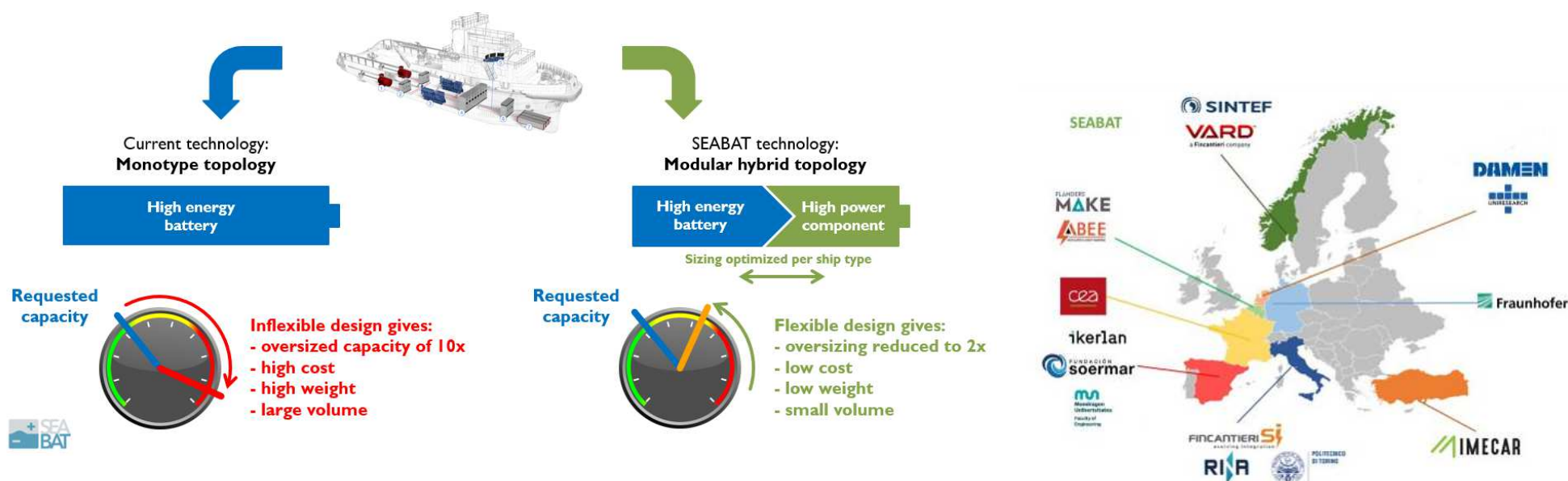
Instalación fotovoltaica aislada con baterías de plomo ácido, “Hybrid and Intelligent Energy Storage Systems in Standalone Photovoltaic Applications”, Iván Sanz PhD dissertation

2.2

SEABAT

Tracción eléctrica de barcos

- Otra vez el dimensionamiento del sistema puede ser un problema si no se selecciona bien la tecnología a utilizar.
- En este caso, incluyendo un **híbrido entre baterías de litio de alta energía con baterías de litio de alta potencia** se ha conseguido optimizar el sistema completo.
- Se realiza un **dimensionamiento optimizado** para cada tipo de barco según si es ferry, media distancia o larga distancia.

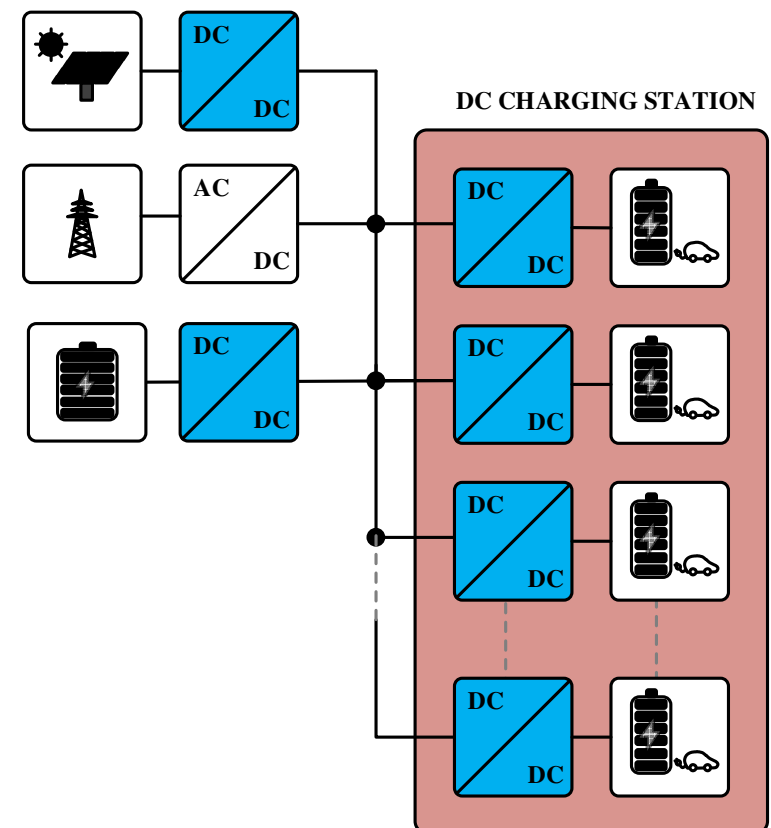


2.3

BRAINEN

Desarrollo de estaciones de recarga de vehículos eléctricos

- Uno de los principales problemas de instalar estaciones de recarga de vehículo eléctrico son las grandes potencias requeridas para cargar muchos vehículos a la vez y relativamente rápido.
- Habría que **cambiar la infraestructura eléctrica con cables de mayor sección** hasta el punto de recarga.
- Como alternativa, se plantea mantener la infraestructura eléctrica y **añadir fotovoltaica y baterías** en ese punto de recarga.
- De esta manera evitas traer toda esa potencia y realizar una nueva instalación.
- RETOS:
 - **Aleatoriedad** del **consumo** de los coches.
 - **Aleatoriedad** de la **generación** solar.
 - **Dimensionamiento y gestión de la batería.**



2.4

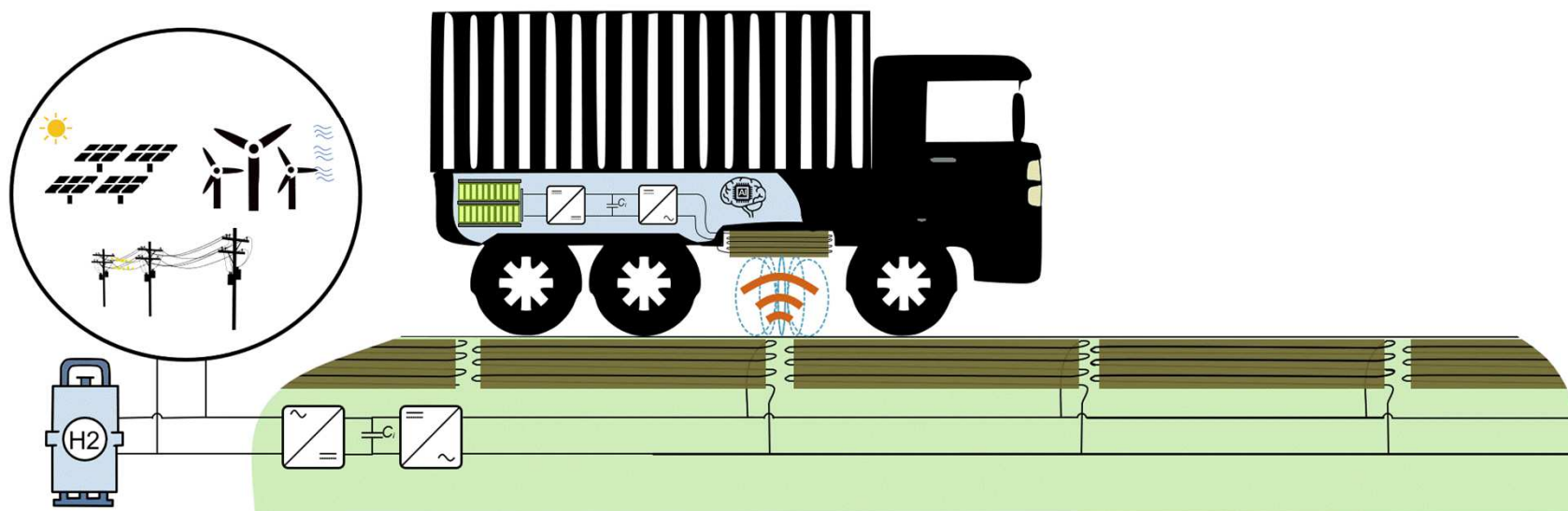
CARDHIN

Carga dinámica inductiva de un vehículo eléctrico

- Consiste en desarrollar un sistema de carga dinámica inductiva en carretera.
- Beneficios para la batería:
 - **Reducción del tamaño de la batería** para misma autonomía
 - **Reducción del tiempo de estacionamiento** a la hora de cargar la batería



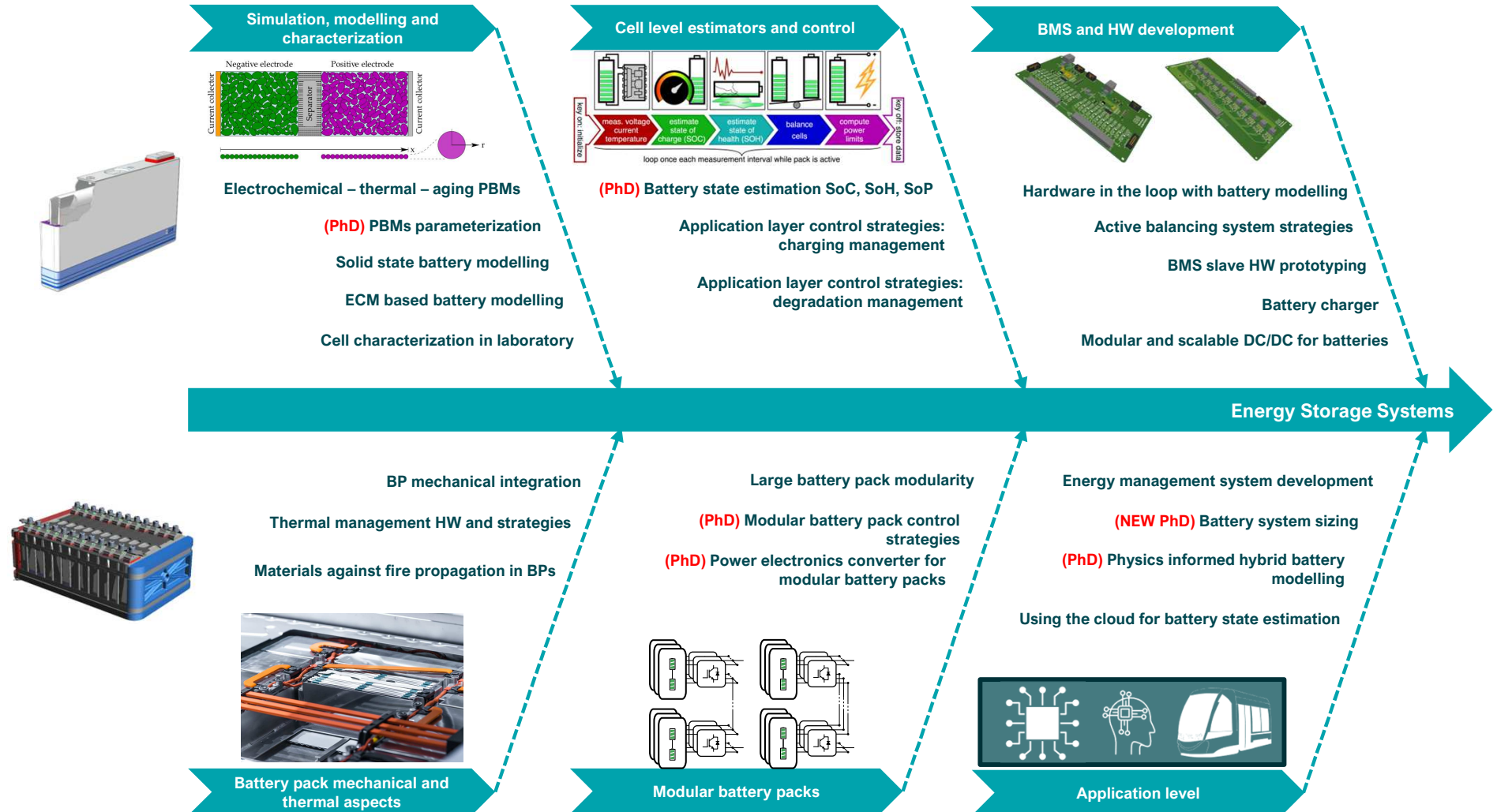
Universidad
Zaragoza



3

Investigación Mondragon

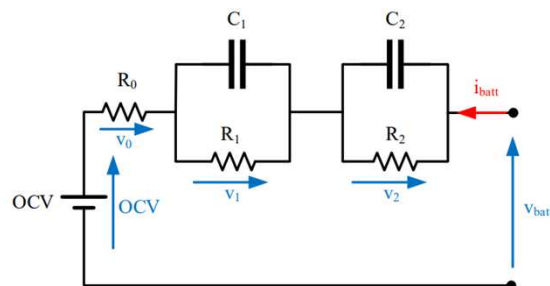
Circular Economy and LCA analysis



3.1

Modelling

Modelado eléctrico basado en circuitos equivalentes



$$[OCV, R_0, R_1, R_2, C_1, C_2]$$

$$= f(SOC, T, SOH \dots)$$

$$v_{batt}(t) = OCV(SOC(t)) + v_1(t) + v_2(t) + R_0 \cdot i_{batt}(t)$$

$$v_1(t) = \frac{1}{C_1} \int i_{C_1}(t) dt \quad \rightarrow \quad i_{C_1}(t) = i_{batt}(t) - \frac{v_1(t)}{R_1}$$

$$v_2(t) = \frac{1}{C_2} \int i_{C_2}(t) dt \quad \rightarrow \quad i_{C_2}(t) = i_{batt}(t) - \frac{v_2(t)}{R_2}$$

$$SOC(t) = \left(SOC(t_0) + \eta \cdot \frac{\Delta t}{Q_{nom}} i_{batt}(t) \right)$$

Continuos-time

$$v_{batt}[k] = OCV(SOC[k]) + v_1[k] + v_2[k] + R_0 \cdot i_{batt}[k]$$

$$v_1[k+1] = v_1[k] \cdot e^{-\frac{T_s}{R_1 \cdot C_1}} + R_1 \cdot \left(1 - e^{-\frac{T_s}{R_1 \cdot C_1}} \right) \cdot i_{batt}[k]$$

$$v_2[k+1] = v_2[k] \cdot e^{-\frac{T_s}{R_2 \cdot C_2}} + R_2 \cdot \left(1 - e^{-\frac{T_s}{R_2 \cdot C_2}} \right) \cdot i_{batt}[k]$$

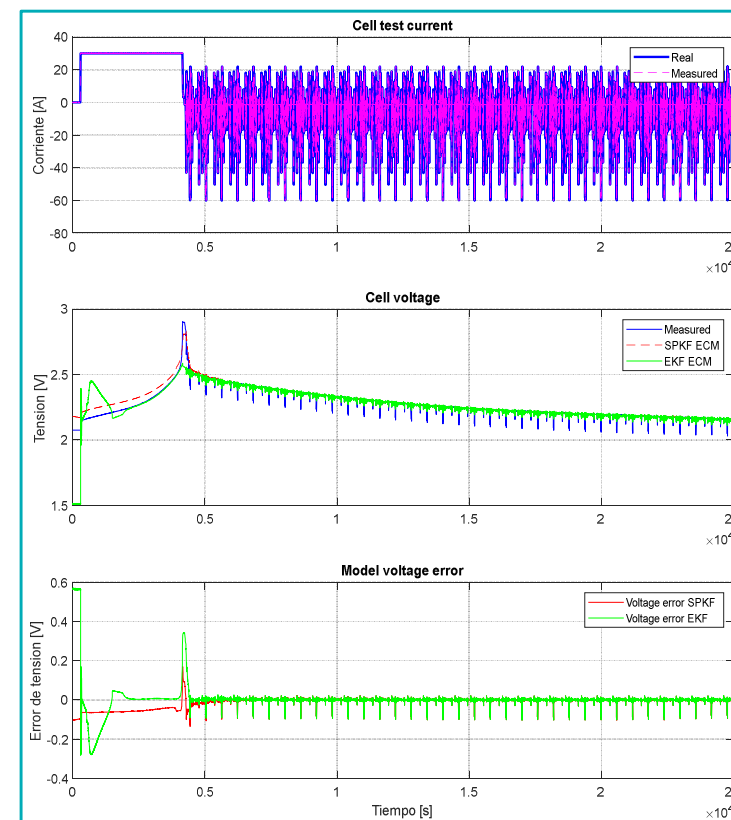
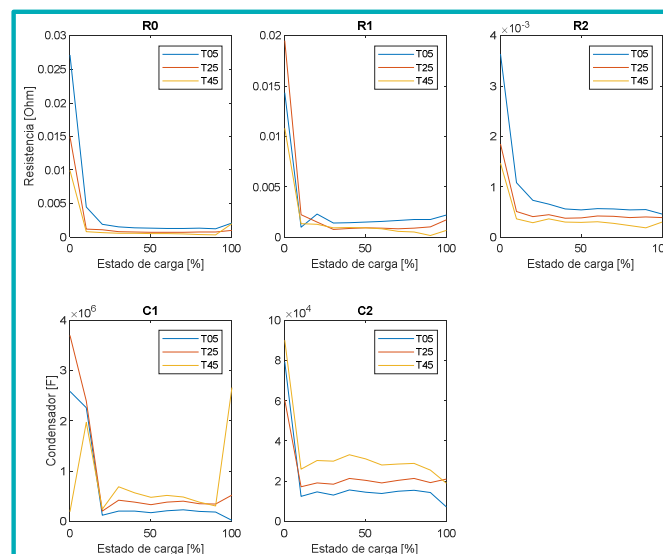
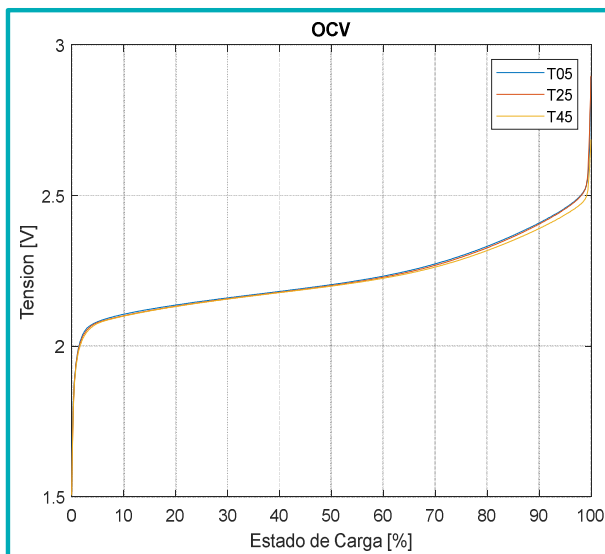
$$SOC[k+1] = \left(SOC[k] + \eta \cdot \frac{\Delta t}{Q_N} i_{batt}[k] \right)$$

Discrete-time

Modelado eléctrico basado en circuitos equivalentes



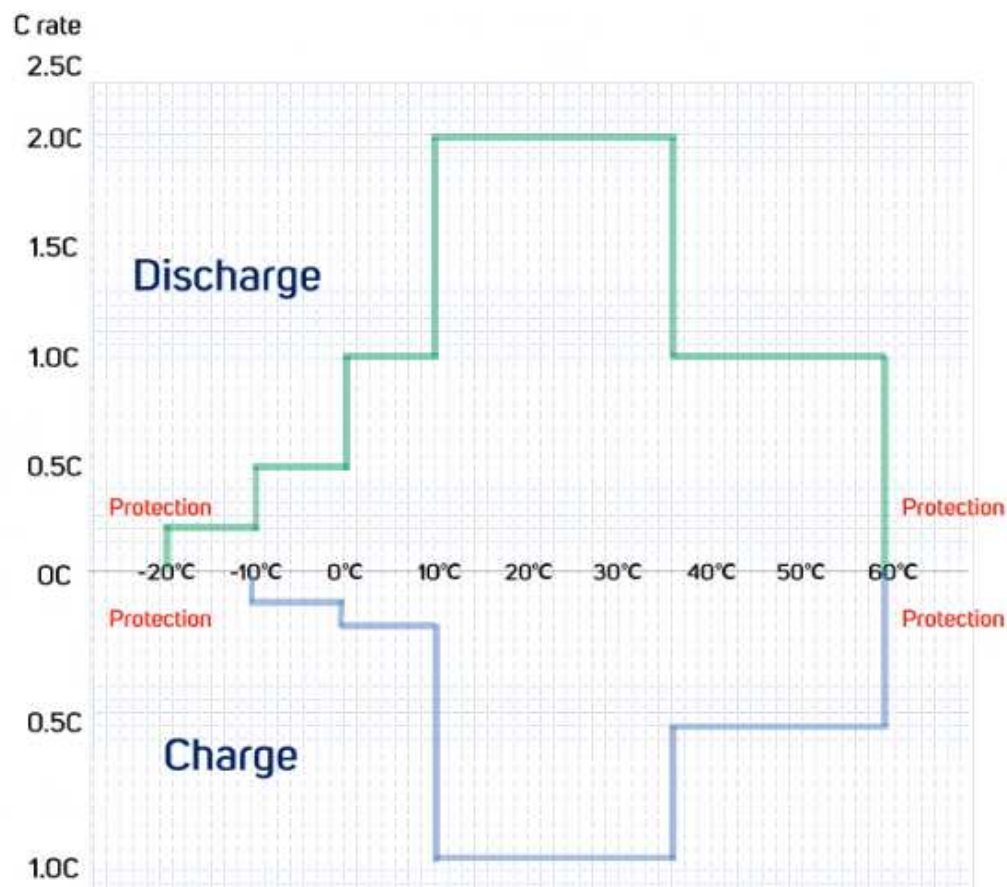
NOMBRE	TIPO	V_{NOM}	CAPACIDAD	C-RATE
ELERIX EX-T30K	LTO	2.4 V	30 Ah	6 C



Resultados – Simulación, modelado y caracterización

¿Por qué queremos utilizar modelos electroquímicos?

- Hoy en día se establecen límites muy estáticos en las baterías y además son constantes durante toda la vida útil de las mismas.
- ¿Se podría utilizar modelos avanzados para poder establecer límites en operación y variables en el tiempo?



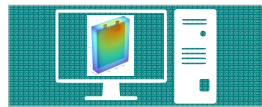
0~45 °C : Charge Operation Limit -20~55 °C : Discharge Operation Limit
 -10~60 °C : Charge Safety Limit -20~60 °C : Discharge Safety Limit

Category	Temp. range	C Rate	Category	Temp. range	C Rate
Charge	Under -20°C	Protection	Discharge	Under -20°C	Protection
	-20~-10°C	<0.1C		-20~-10°C	<0.2C
	-10~0°C	<0.2C		-10~0°C	<0.5C
	0~10°C	<0.2C		0~10°C	<1.0C
	10~35°C	<1.0C		10~35°C	<2.0C
	35~45°C	<0.5C		35~45°C	<1.0C
	45~55°C	<0.5C		45~55°C	<1.0C
55~60°C	<0.5C	55~60°C	<1.0C		
Over 60°C	Protection	Over 60°C	Protection		

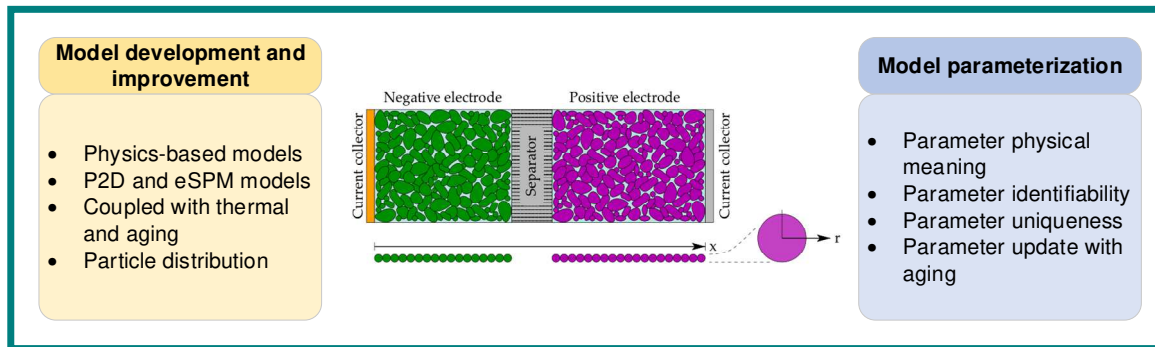
Resultados – Simulación, modelado y caracterización

¿Por qué queremos utilizar modelos electroquímicos?

- Incluir modelos avanzados en el BMS de una batería nos abre una puerta hacia el control de sistemas de almacenamiento.
- Ampliar la información que tenemos de lo que pasa en la batería nos permite alcanzar sus límites electroquímicos o minimizar su degradación.

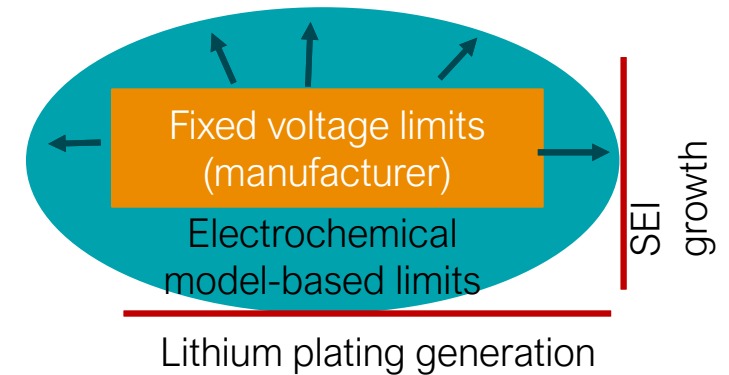


Simulation and modelling



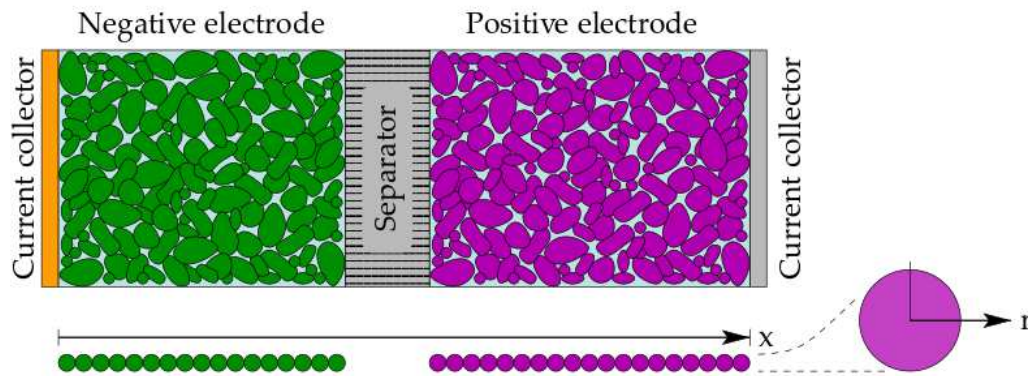
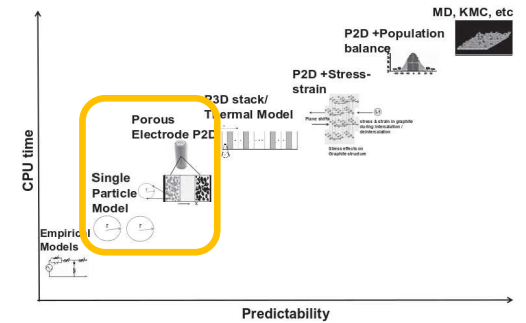
Model order reduction

Control-oriented modelling



Modelado electroquímico de baterías. (Tipos de modelo)

- Modelamos 3 dominios: los dos electrodos y el separador.
- 2 fases, el sólido y la fase líquida asociada al electrolito.
- La dimensión x y la microescala del radio de la partícula r .
- En el modelo más completo, el P2D se calculan la evolución espacial y en el tiempo de: j , c_e , c_s , ϕ_e and ϕ_s



Tres aproximaciones

P2D variables: j , c_e , c_s , ϕ_e , ϕ_s

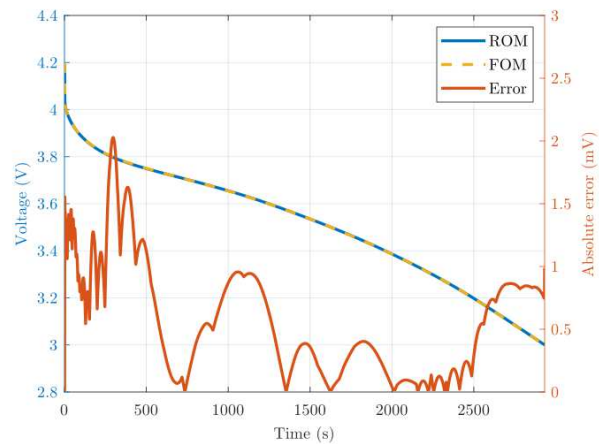
SPM variables: j , c_s , ϕ_s

SPMe variables: j , c_e , c_s , ϕ_e , ϕ_s

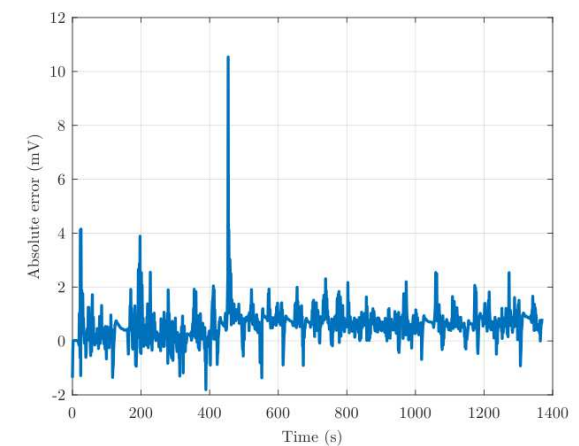
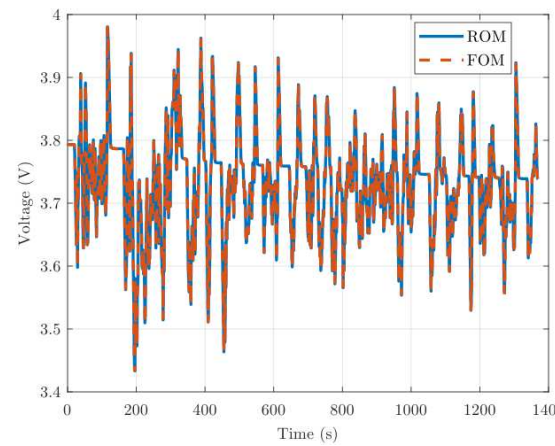
Modelado electroquímico de baterías. (Versiones reducidas de esos modelos para funcionar en un BMS, FOM vs ROM)

- El ROM que desarrollamos es 20 veces más rápido que el FOM.
- El ROM que desarrollamos es 200 veces más ligero que el FOM.
- Problemas: necesita un solver, coste computacional, no es óptimo para real time. (Lo utilizamos en simulación)

CC input

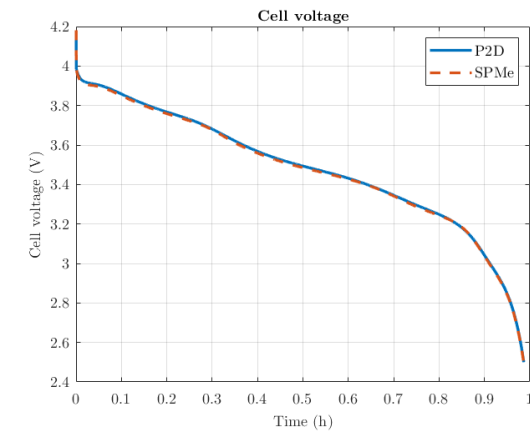
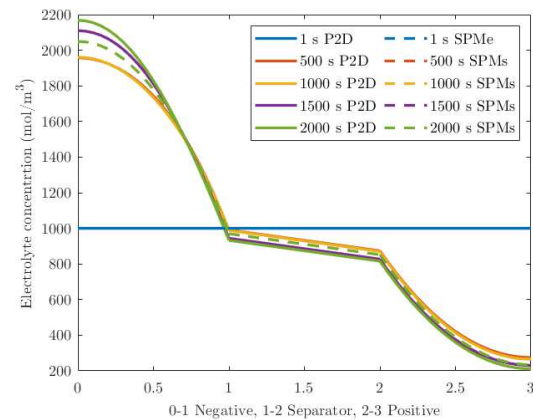
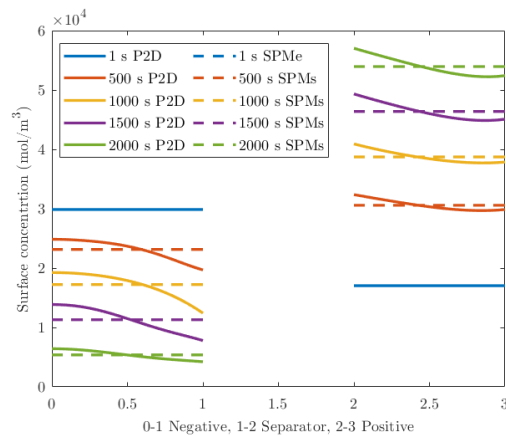


Dynamic input



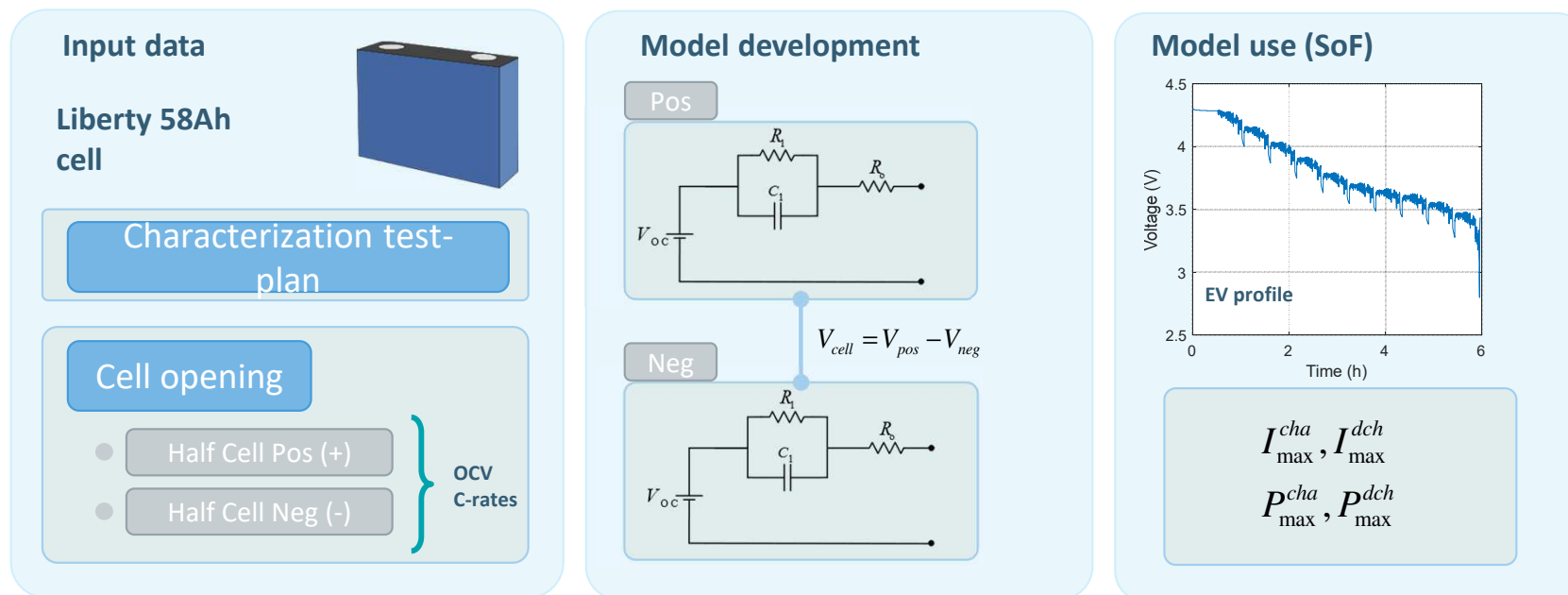
Modelado electroquímico de baterías. (Versiones reducidas de esos modelos para funcionar en un BMS, FOM vs ROM)

- Utilizamos el SPMe para incluirlo en un BMS.
- Pierdes algo de precisión.
- 15 veces más rápido que el ROM del P2D, no necesita solver, computacionalmente ligero y puede correr en BMS.



Modelado mecánico de baterías. (Nueva investigación)

- A través del proyecto europeo Liberty se está investigando en modelos ECM de cada electrodo para conformar un modelo más complejo que el típico modelo de circuito equivalente.
- La información por separado de ambos electrodos puede permitir realizar control del estado de potencia de la batería fijándonos en el potencial del electrodo negativo de cara a BMSs más avanzados que los actuales.



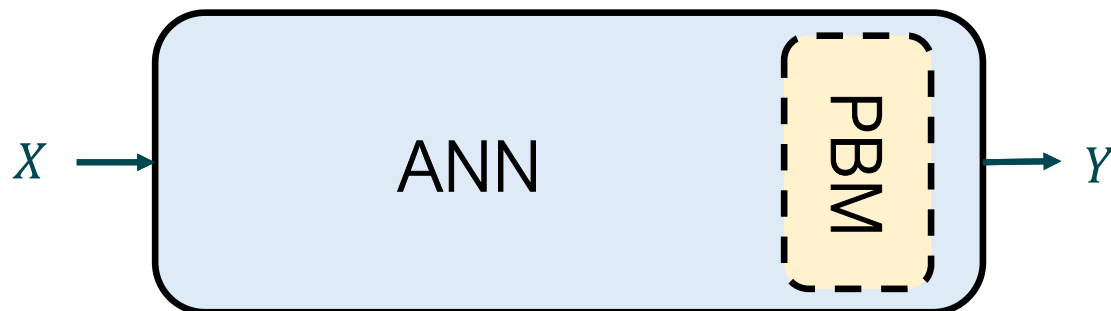
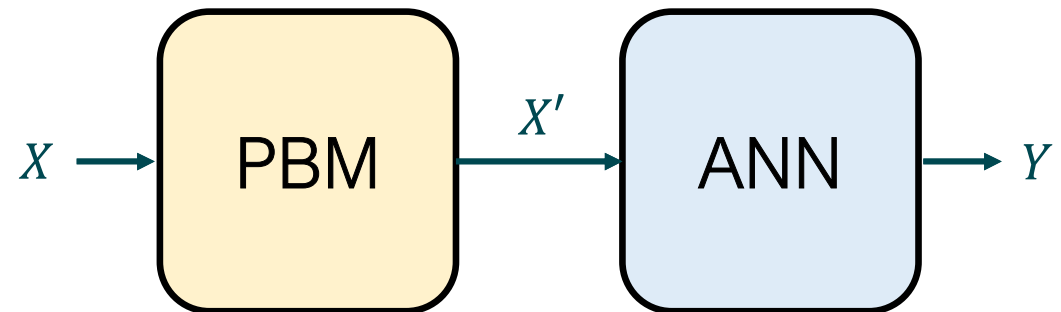
Modelos híbridos (Nueva investigación)

- Se han estudiado mucho las aproximaciones con inteligencia artificial para estimar estados ocultos de batería.
- Se considera una herramienta muy interesante aunque es complicado interpretar cómo llega la red neuronal a dar la respuesta que da.
- Una opción es combinarlo con un modelo físico de tal forma que entre ambos modelos se consiga potenciar las bondades de cada uno de ellos y minimizar sus problemas.

Sequential Battery Modeling

Independent integration of PBM and ANN

One's output feeds the other model



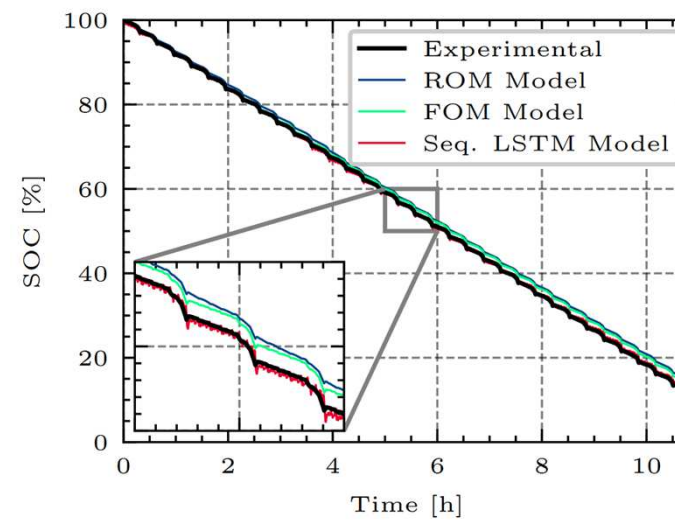
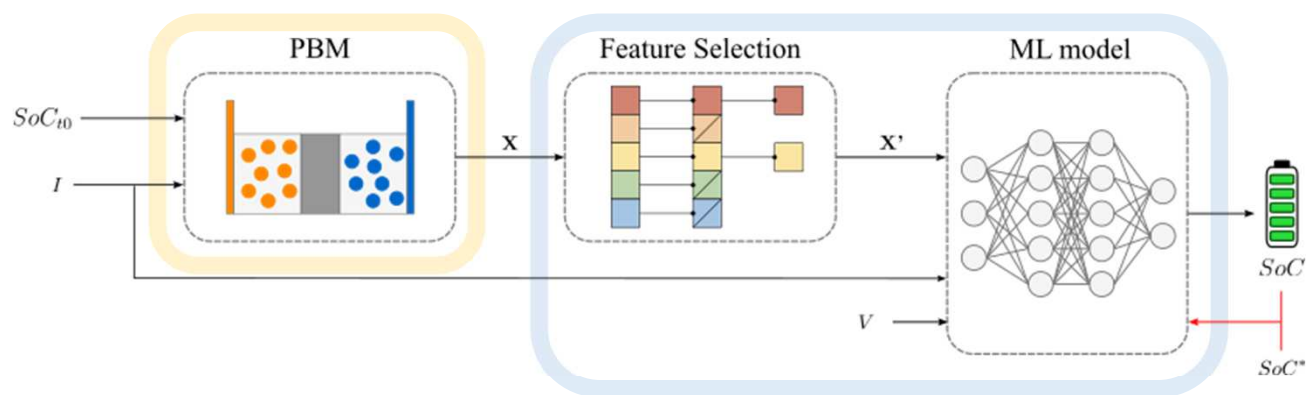
Hybrid Battery Modeling

PBM integrated in the ANN architecture

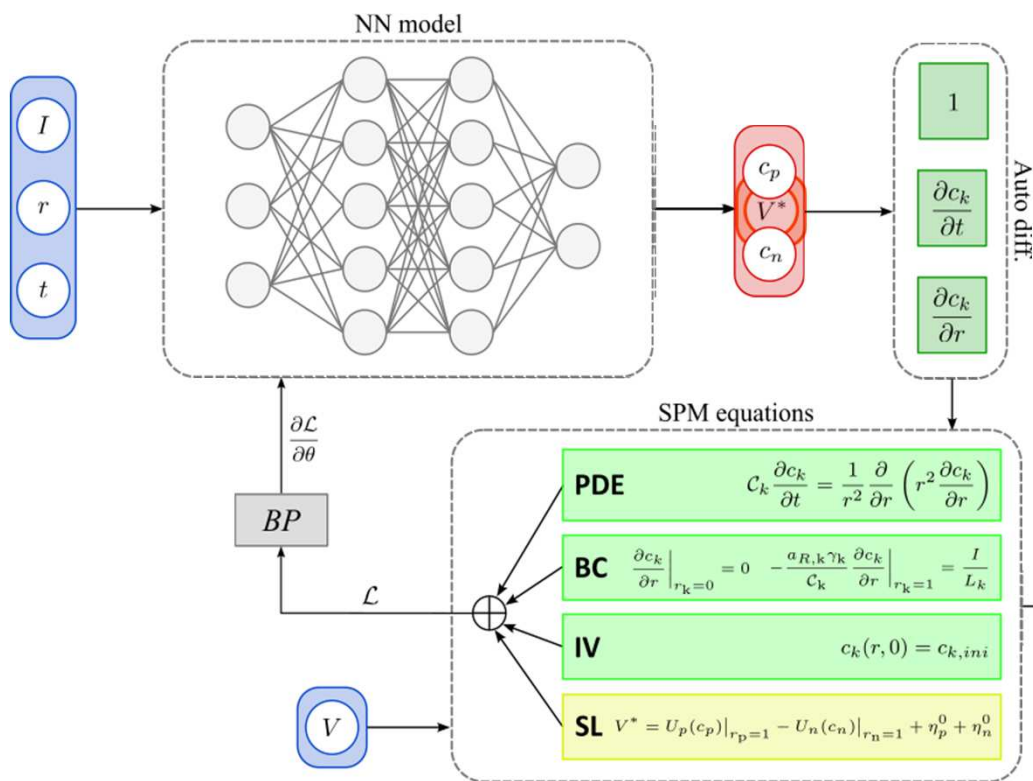
Need to design the models around each other

Modelos híbridos secuenciales (Nueva investigación)

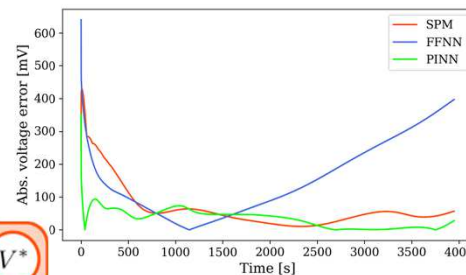
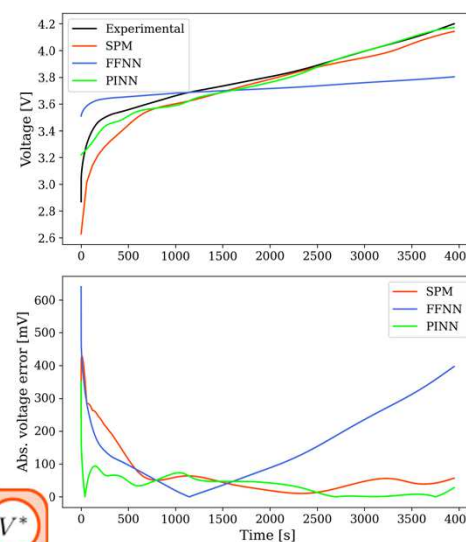
- Se ha realizado una aproximación de modelo secuencial con buenos resultados.
- Pero se considera que la mejor aproximación es hacer un híbrido puro o un physics-informed neural network PINN.



Modelos híbridos physics informed neural networks. (Nueva investigación)

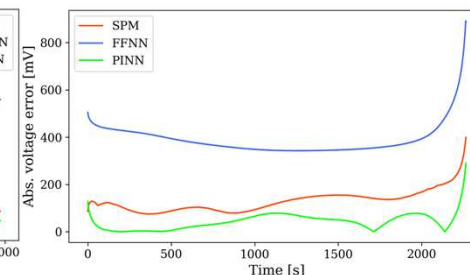
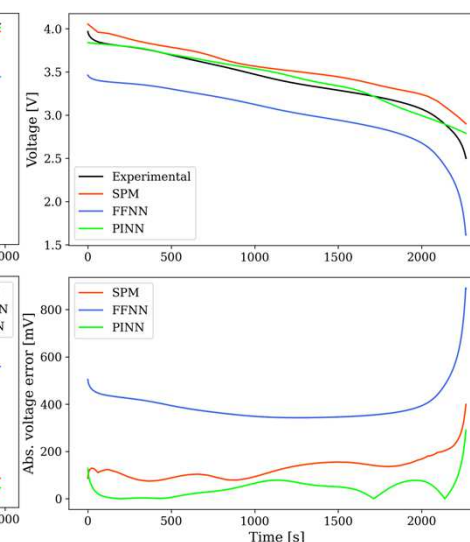


Carga @ 0.7C



SPM: 73.25 ms
FFNN: 4.13 ms
PINN: 8.33 ms

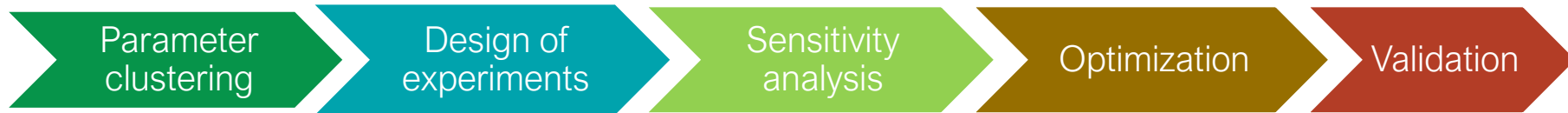
Descarga @ 1.5C



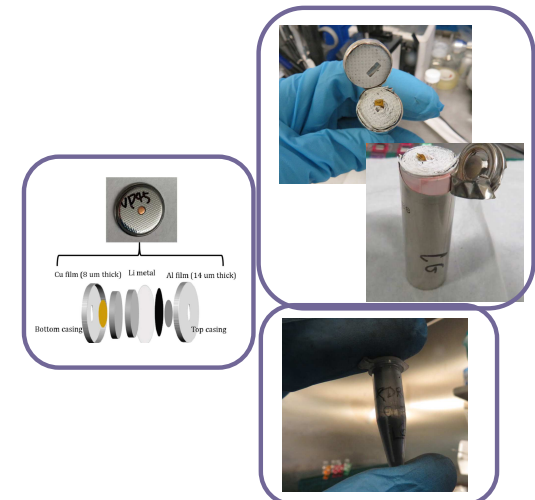
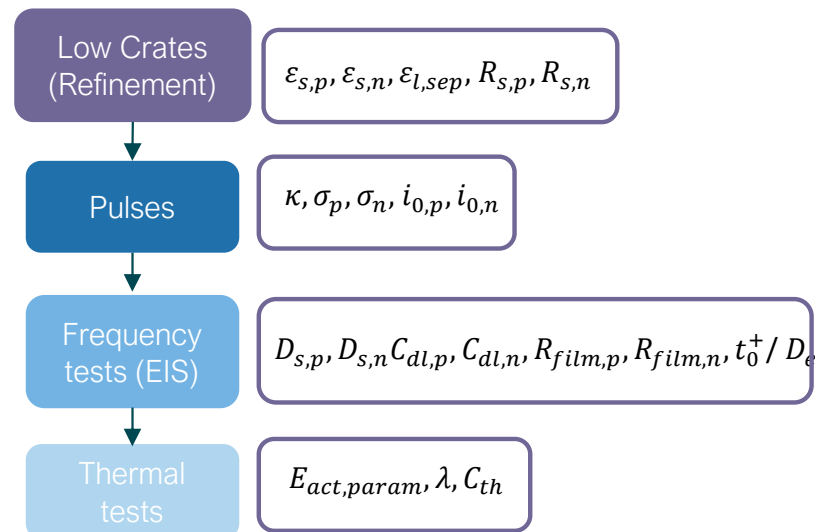
SPM: 36.5 ms
FFNN: 3.56 ms
PINN: 6.92 ms

Caracterización de modelos electroquímico de baterías.

- Estos modelos requieren de una parametrización más compleja (34 parámetros) y para ello desarrollamos un método de obtención de estos parámetros.

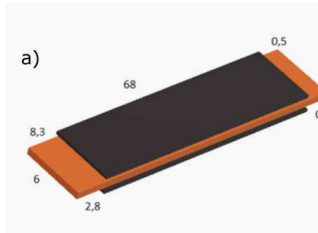


- 1 Physico-chemical characterisations $\epsilon_{s,p}, \epsilon_s, \epsilon_{l,p}, \epsilon_{l,n}, R_{s,p}, R_{s,n}, A_{cell}, L_p, L_n, L_s$
- 2 Electrode balancing $U_{ocv,p}, U_{ocv,n}, \theta_{0,p}, \theta_{100,p}, \theta_{0,n}, \theta_{100,n}$
- 3 Non-invasive optimisations



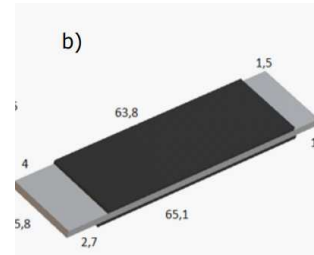
Caracterización de modelos electroquímico de baterías.

Geometrical measures and composition analysis



Graphite - 98%

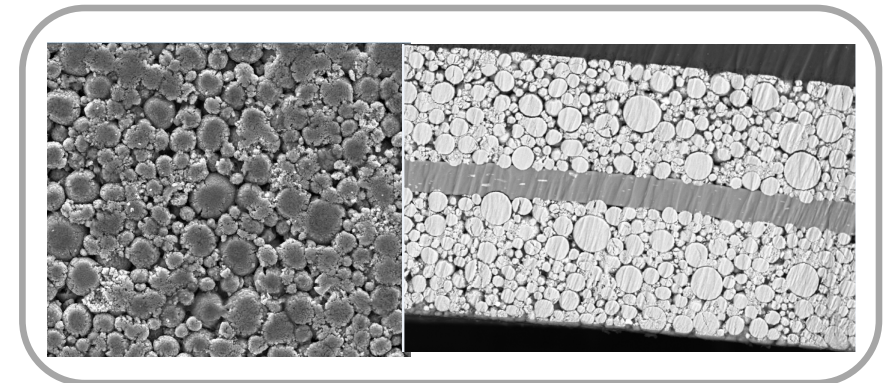
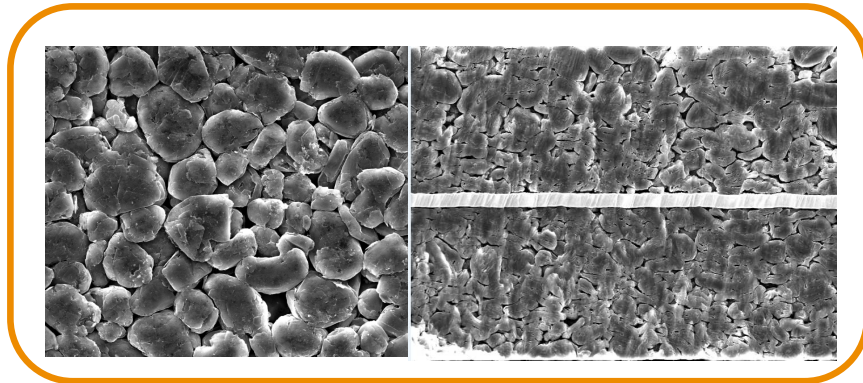
Element	Wt%	Stoic.
C	97.30	1
Cu	02.70	0



NMC 811 - 96%

Elemento	Wt%	Stoic.
Ni	87,3	8
Co	9,2	1
Mn	3,46	1

Porous-matrix characterization (SEM)



→ Parameters

	Positive	Negative
Acell (m2)		0,0408
L (um)	6.3e-5	8.3e-5
csmax (mol m3)	51546	34849
Rs (um)	9,8054	14.72
ϵ_e (-)	35,64%	27,36%

Resultados – Simulación, modelado y caracterización

Modelado térmico de baterías

- Por un lado tenemos el modelado de las pérdidas generadas en una celda o un módulo.
 - Cálculo de pérdidas simplificado obviando algunos de los mecanismos de generación de calor.
 - A través de modelos electroquímicos más complejos.

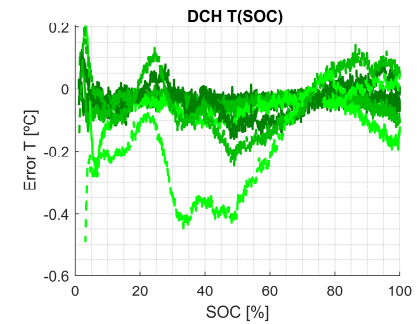
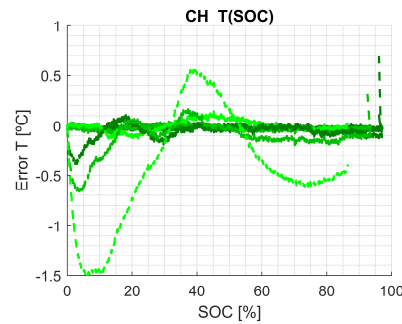
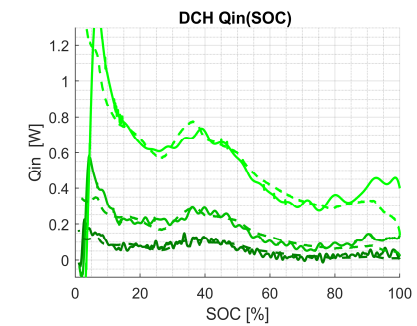
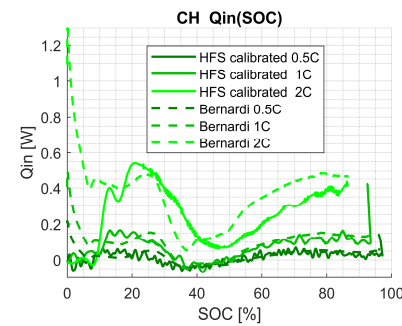
ECM models

$$Q = I(OCV_{avg}(SOC) - V) - I \left(T \frac{\partial OCV_{avg}(SOC)}{\partial T} \right)$$

$$Q = Q_{irr} + Q_{rev}$$

Electrochemical P2D model

Heat generation [W m ⁻³]:	$q = q_i + q_r + q_s + q_e + q_c$
Irreversible reaction heat	$q_i = a_s F j_j \eta_j$
Reversible heat generation	$q_r = a_s F j_j T \frac{\partial U_{ocp,j}}{\partial T}$
Joule heating in solid	$q_s = \sigma_{eff} (\nabla \phi_s \cdot \nabla \phi_s);$
Joule heating in electrolyte	$q_e = k_{eff} (\nabla \phi_e \cdot \nabla \phi_e + k_{D,eff} (\nabla \ln c_e \cdot \nabla \phi_e))$
Current collector Joule losses	$q_c = i_{app}^2 R_{contact}$



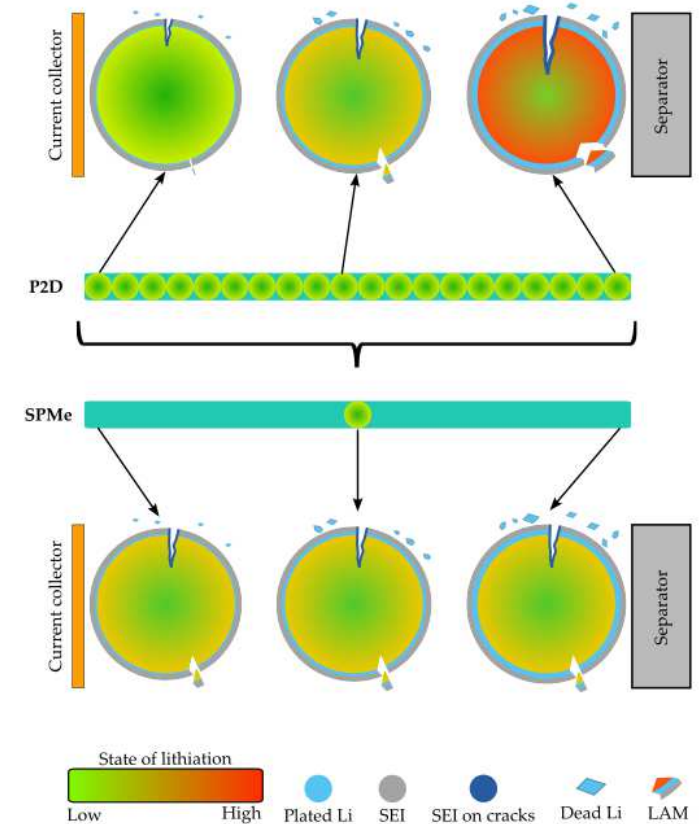
Modelado del envejecimiento

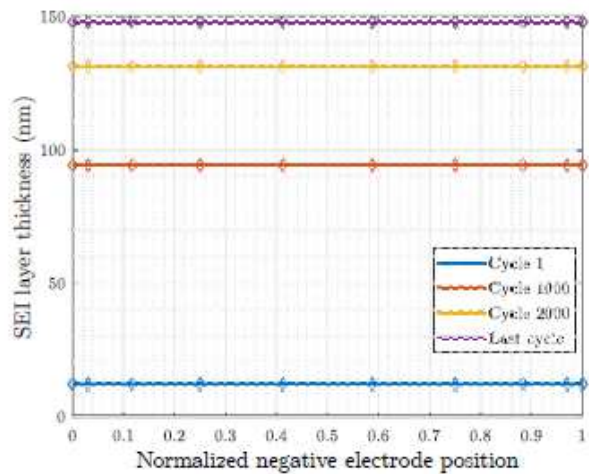
- ¿Por qué utilizar modelos físicos o PBMs en vez de modelos empíricos para predecir la degradación de baterías?
 - Porque no se requiere una matriz de ensayos de envejecimiento. (Menos recursos y menor coste)
 - Un modelo físico preciso puede representar varios escenarios de degradación.
 - Te da información física que puedes aplicar al control de baterías como modificar límites de corriente o tensión durante la operación.

Fenómenos de degradación modelados

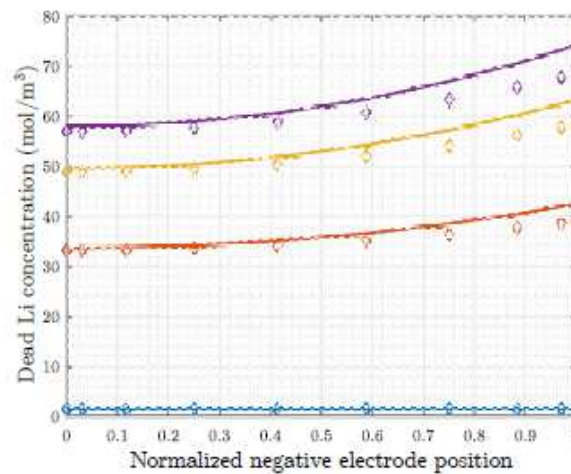
- Crecimiento de la capa SEI
- Li plating/stripping
- Decrecimiento de la porosidad
- Cracking
- Pérdida del material activo debido a estrés mecánico

En resumen se modelan el LLI, LAM, power fade y capacity fade para tener un modelo completo de degradación.

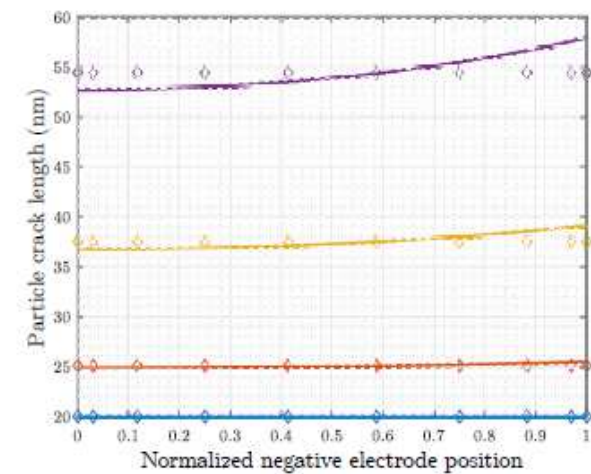




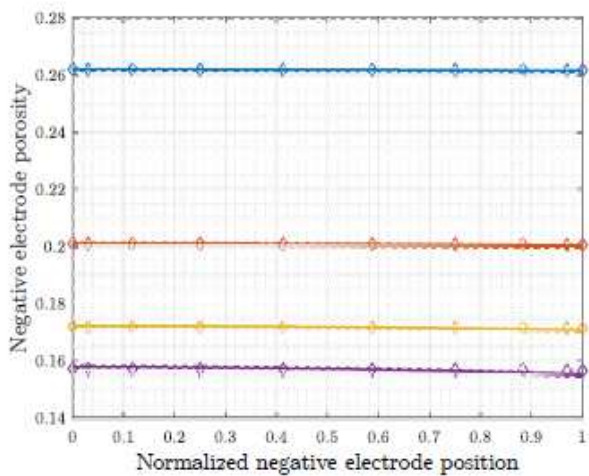
(a)



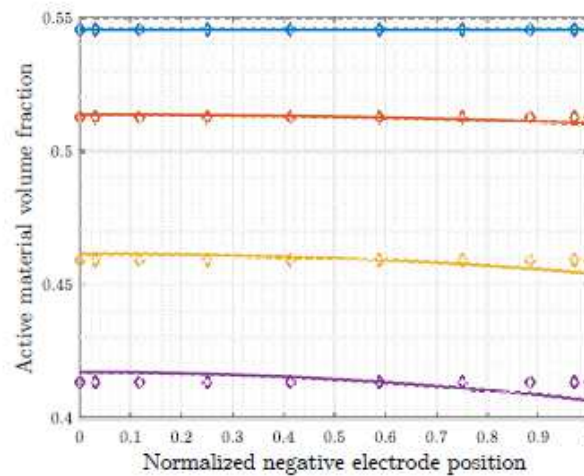
(b)



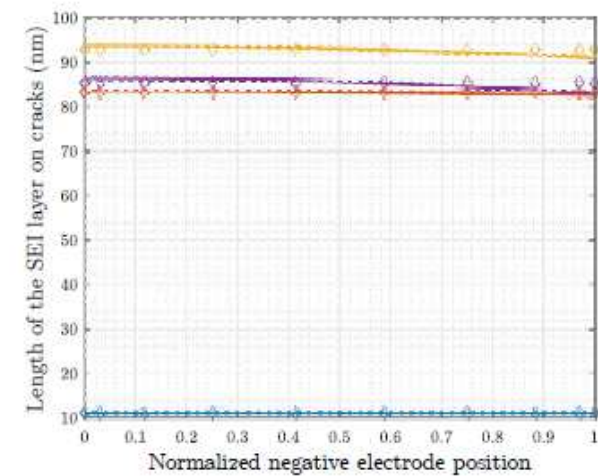
(c)



(d)



(e)

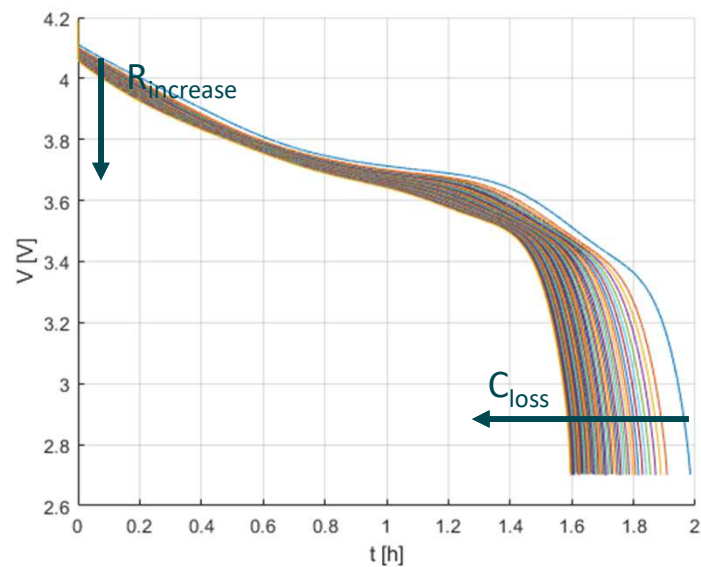
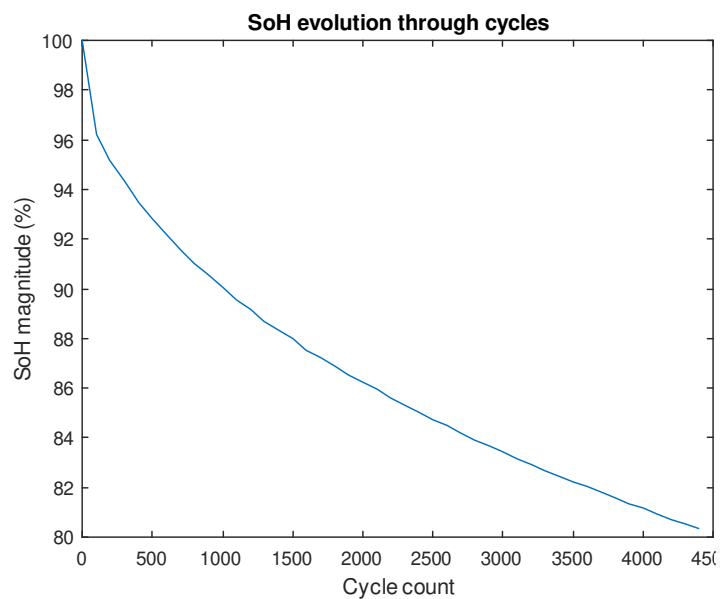


(f)

Modelado del envejecimiento

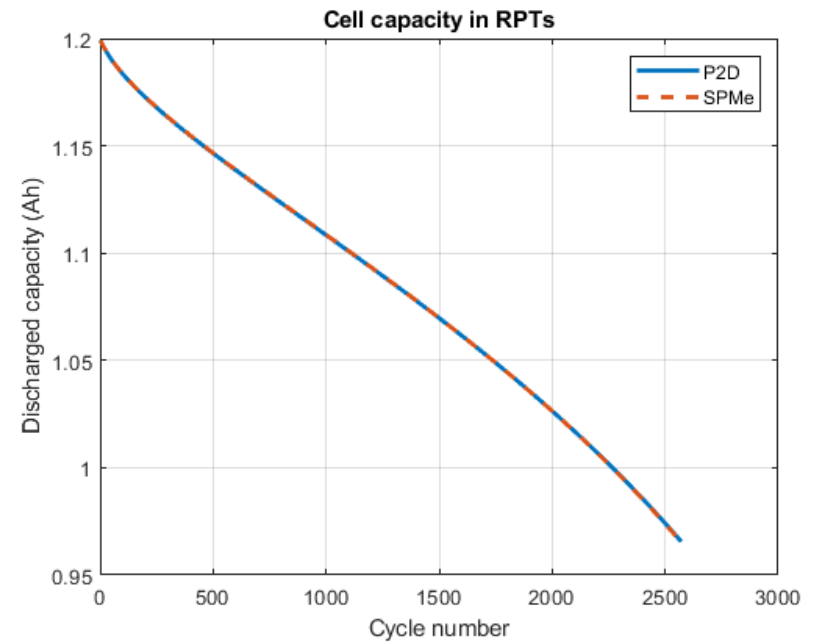
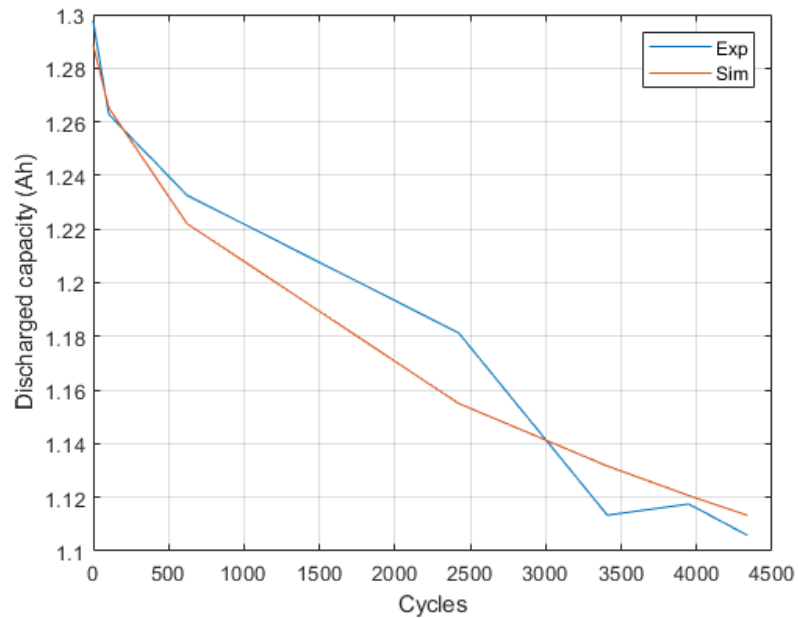
- Resultados en simulación con celdas de Kokam con baja capacidad.

Kokam 1.25 Ah cell with degradation condition 1C-1C at 25°C and 100% DoD



Modelado del envejecimiento

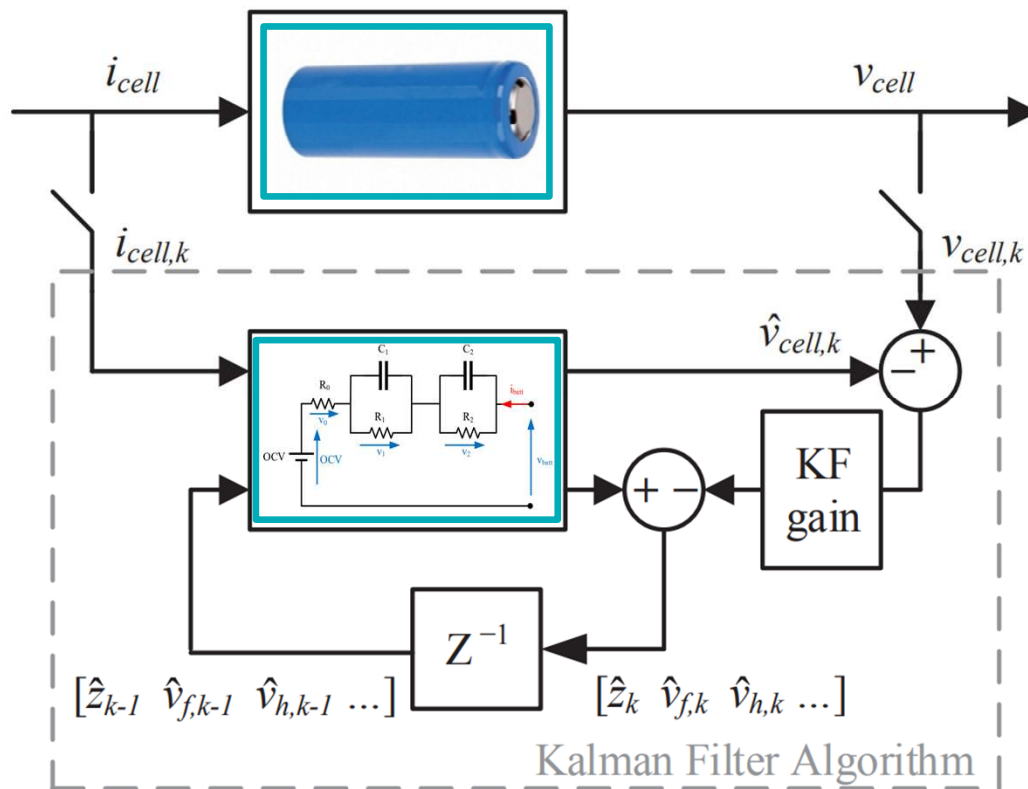
- Resultados de la pérdida de capacidad de una celda real frente a la simulación con el modelo de degradación simulado.
- En este caso se ha llegado hasta los 4500 ciclos.
- Se han comparado los modelos de degradación implementados en un modelo P2D y en un modelo SPMe con resultados muy similares.



3.2

**SoX
estimation**

Estimación de SoC con filtro de Kalman y modelo ECM



Dinámica del sistema general

$$x_k = f(x_{k-1}, u_{k-1}, w_{k-1})$$

$$y_k = g(x_k, u_k, v_k)$$

$$v_{batt}[k] = OCV(SOC[k]) + v_1[k] + v_2[k] + R_0 \cdot i_{batt}[k]$$

$$v_1[k+1] = v_1[k] \cdot e^{-\frac{\Delta t}{R_1 \cdot C_1} + R_1} \cdot \left(1 - e^{-\frac{\Delta t}{R_1 \cdot C_1}}\right) \cdot i_{batt}[k]$$

$$v_2[k+1] = v_2[k] \cdot e^{-\frac{\Delta t}{R_2 \cdot C_2} + R_2} \cdot \left(1 - e^{-\frac{\Delta t}{R_2 \cdot C_2}}\right) \cdot i_{batt}[k]$$

$$SOC[k+1] = \left(SOC[k] + \eta \cdot \frac{\Delta t}{Q_N} i_{batt}[k] \right)$$

Discrete-time

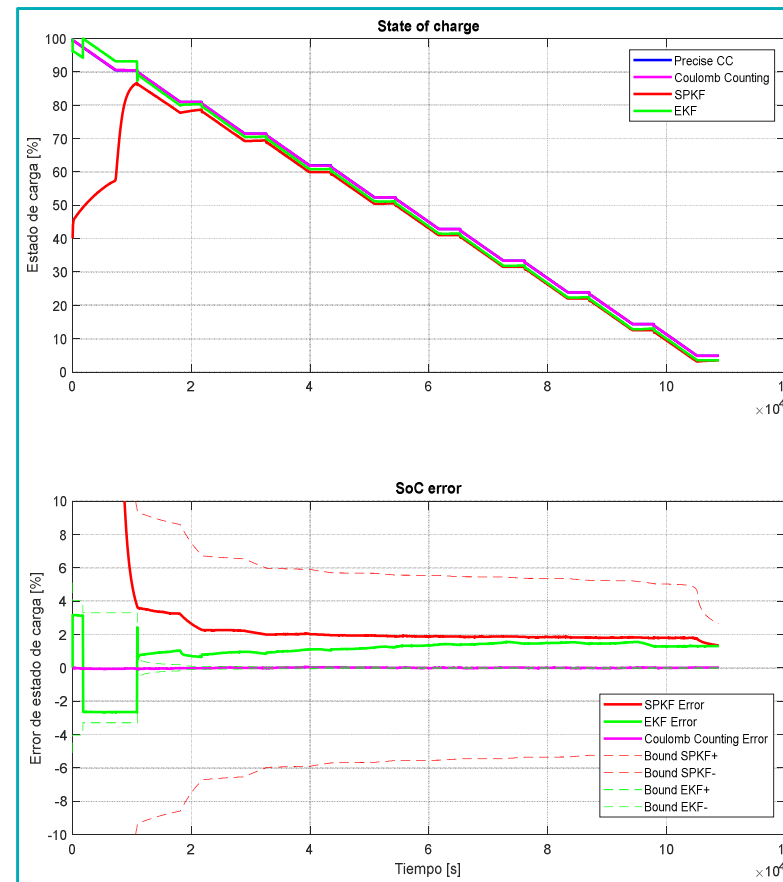
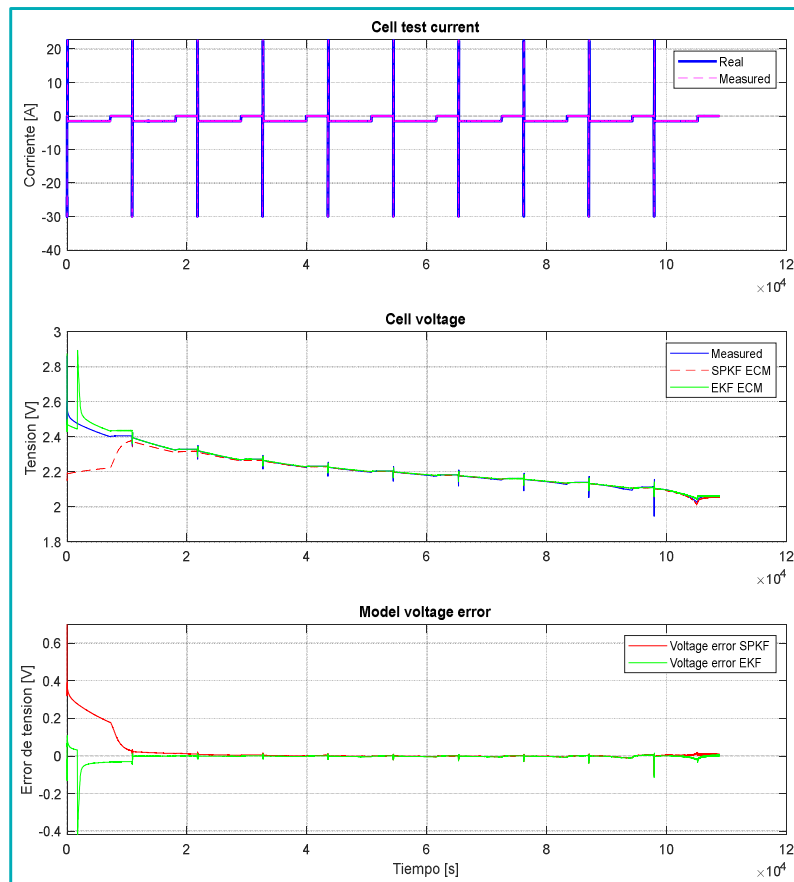
2RC ECM

$$x_k = \begin{pmatrix} v_{1,k} \\ v_{2,k} \\ SOC_k \end{pmatrix}$$

$$y_k = v_{batt,k}$$

Estimación de SoC con filtro de Kalman y modelo ECM (Celda ELERIX LTO)

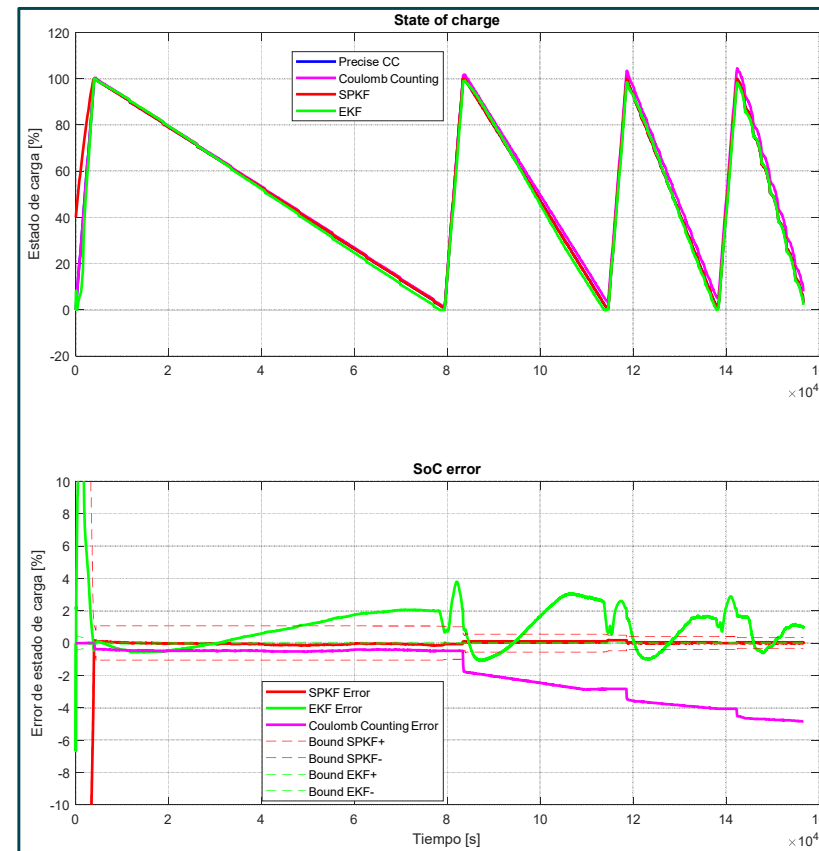
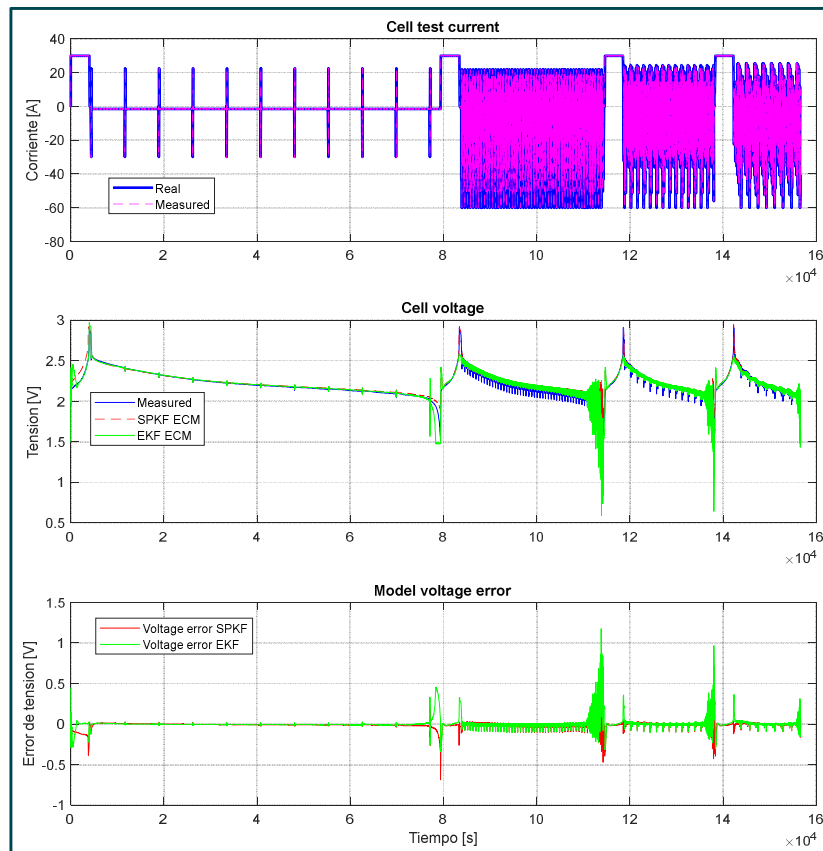
NOMBRE	TIP O	V _{NOM}	CAPACIDAD	C-RATE
ELERIX EX-T30K	LTO	2.4 V	30 Ah	6 C



Estimación de SoC con filtro de Kalman y modelo ECM (Celda ELERIX LTO)



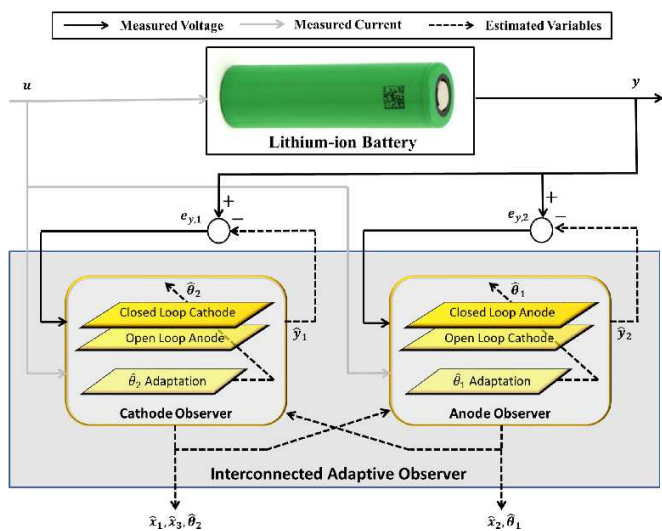
NOMBRE	TIP O	V _{NOM}	CAPACIDAD	C-RATE
ELERIX EX-T30K	LTO	2.4 V	30 Ah	6 C



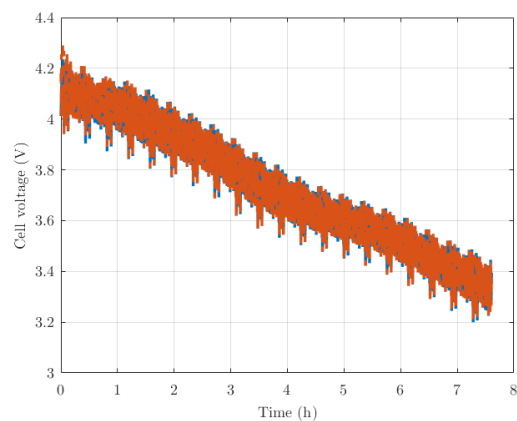
Resultados – Estimadores y control de baterías

Estimación de SoC con filtro de Kalman y modelo electroquímico

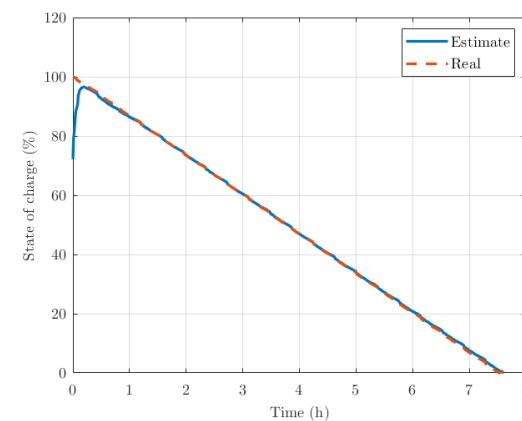
- La tensión de la celda se compone del potencial en cada electrodo y el potencial del electrodo negativo es muy plano, lo cual nos lleva a un problema de observabilidad.
- Intentamos mitigar este problema utilizando un observador dual basado en sigma point Kalman filter.



Voltage



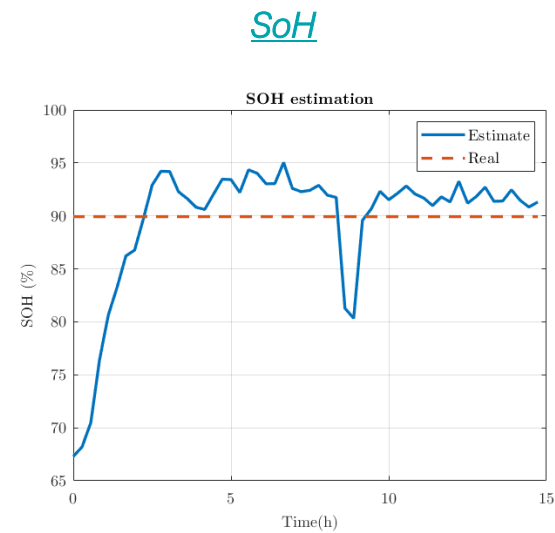
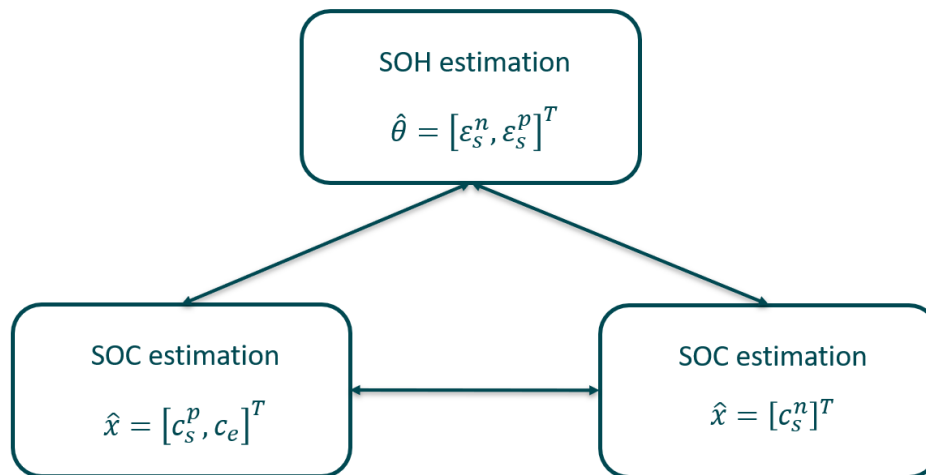
SoC



A. Allam and S. Onori, "Online Capacity Estimation for Lithium-Ion Battery Cells via an Electrochemical Model-Based Adaptive Interconnected Observer," *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, vol. 29, no. 4, pp. 1636–1651, sep 2020

Estimación de SoH con filtro de Kalman y modelo electroquímico

- A partir de las estimaciones de SoC mediante los modelos electroquímicos planteados se propone realizar la estimación de SoH.
- Hacemos las estimaciones de las superficies activas de los electrodos a través del modelo y con ello estimamos el SoH.



SOH	
Real	89.93 %
Estimated	89.66 %

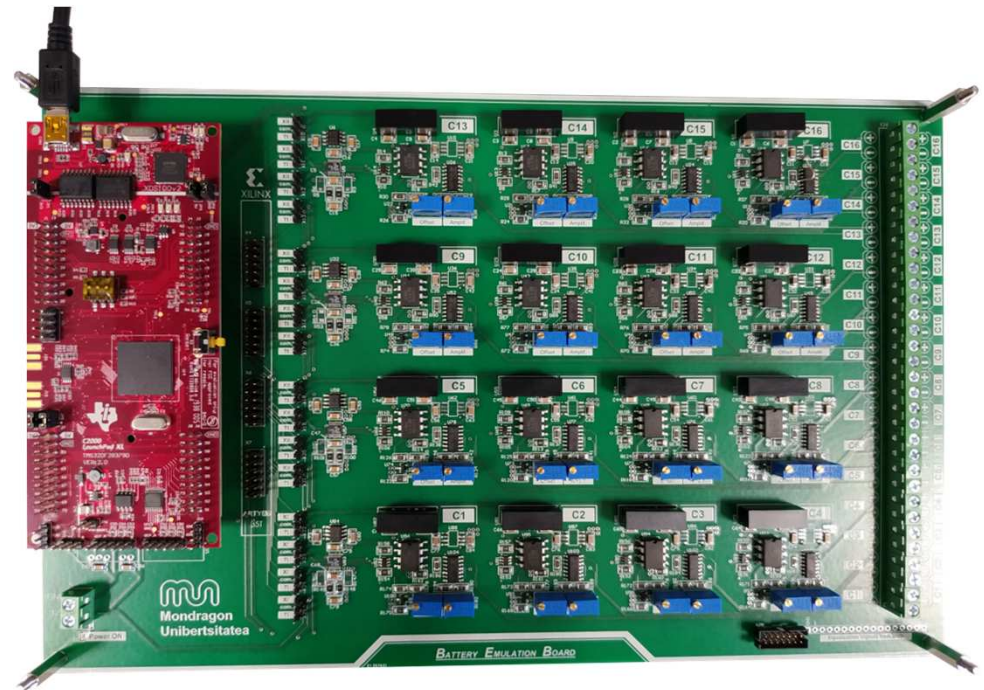
3.3

HW for batteries

Cell level cycler and low cost HiL



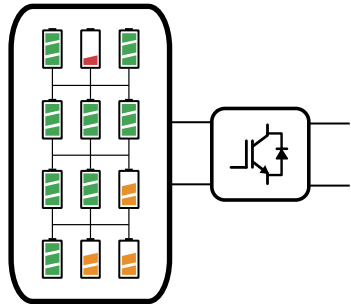
Developed 150A cyclor natural convection



Low-cost battery HiL platform

3.4

Modular BPs



Centralizado:

Válido para sistemas pequeños o en los que el volumen y el peso sea crítico.



Diseño **simple** y un **coste** de instalación **moderado**.

Densidad de energía y potencia alta.



Cuando hay un **fallo**, el **sistema se para** y se **reemplaza el sistema completo**.

Desviaciones en capacidad entre las celdas que componen la batería, **menor energía accesible**.

Modular:

Óptimo para baterías de un tamaño medio o grande.



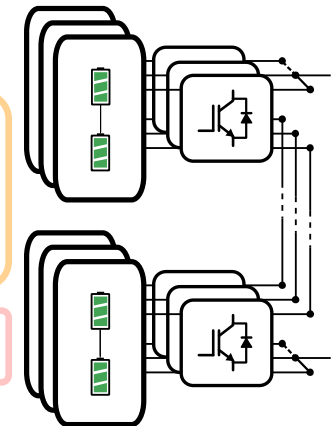
Mayor **fiabilidad** y menor **coste de mantenimiento**. Ante un fallo sigue funcionando.

Posibilidad de **implementar controles avanzados a nivel modular** que ayuden a **maximizar la vida útil** de la batería.

Mayor **energía accesible**.

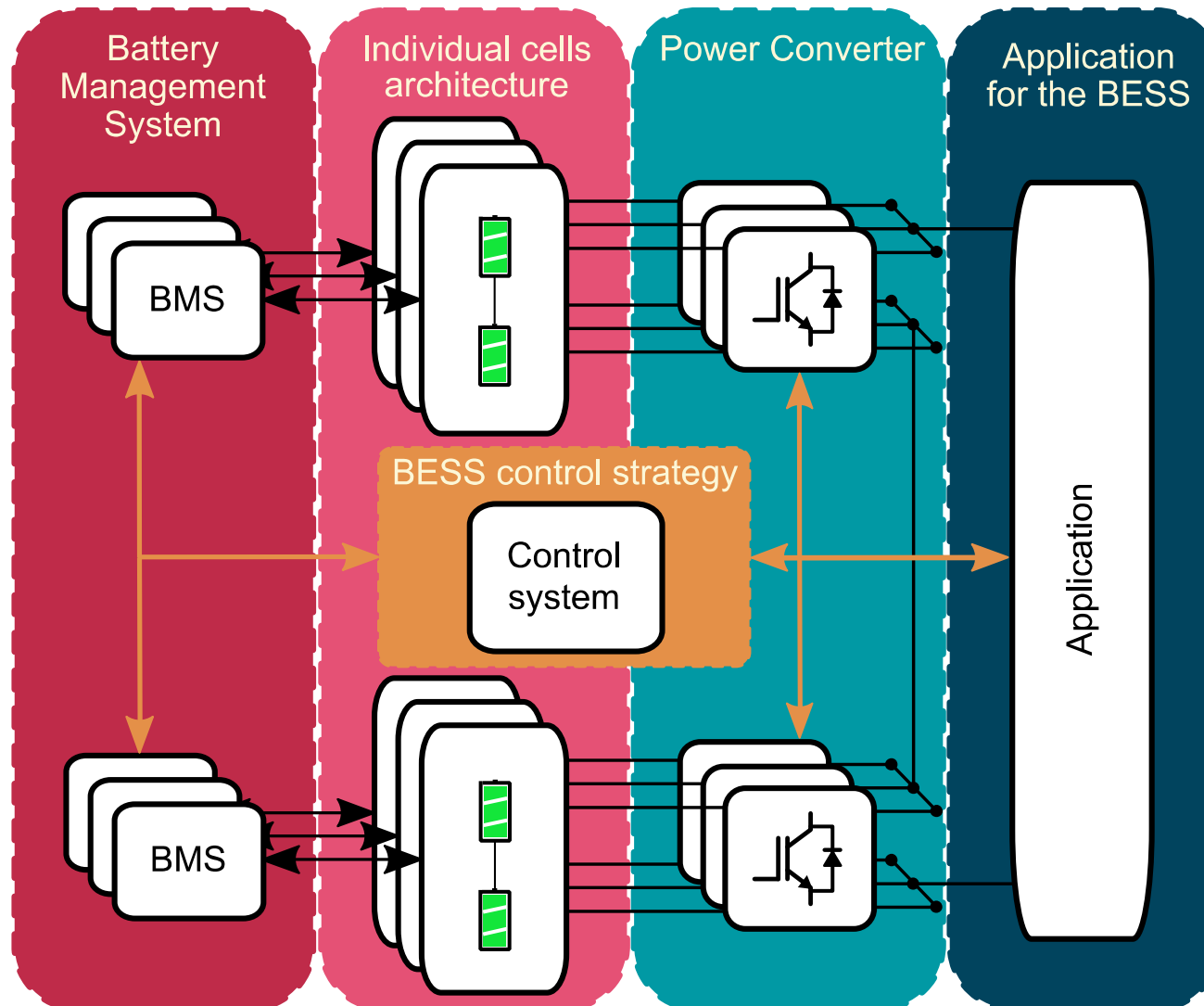


Complejidad. Mayor número de convertidores y componentes asociados.



Concepto de battery pack modular

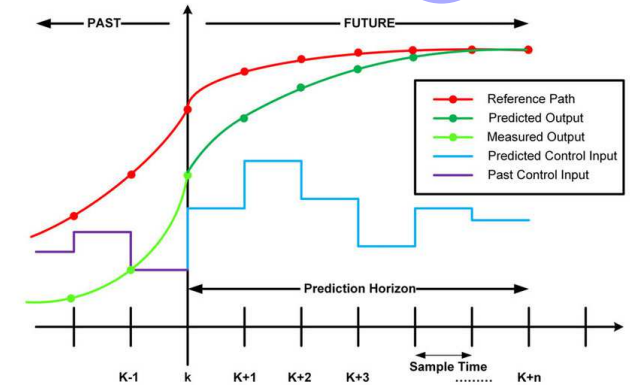
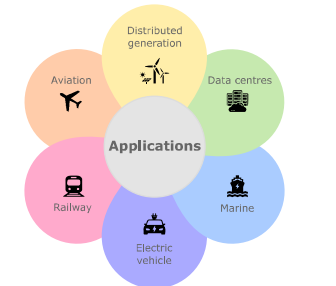
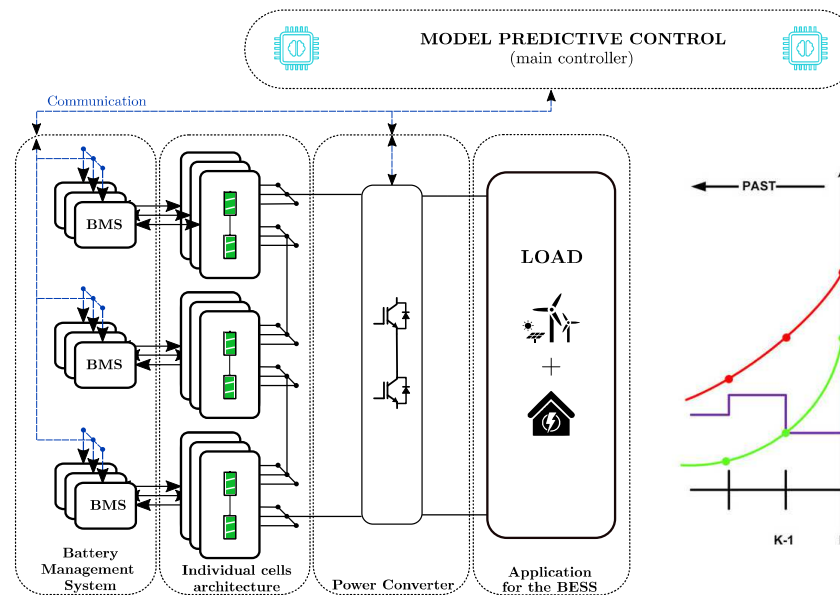
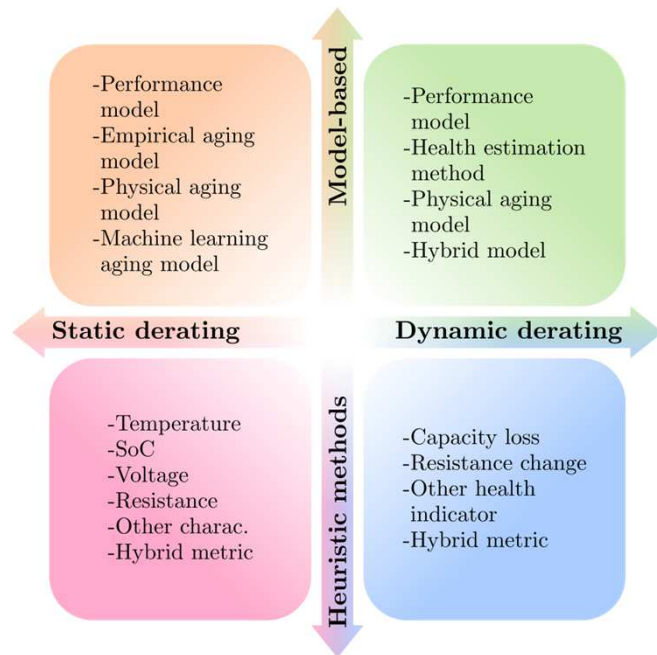
- Planteamos un sistema de módulo de batería conectado a un convertidor DC/DC que permita controlar esos módulos de manera independiente y podamos aplicar controles avanzados.



Resultados – Battery packs modulares

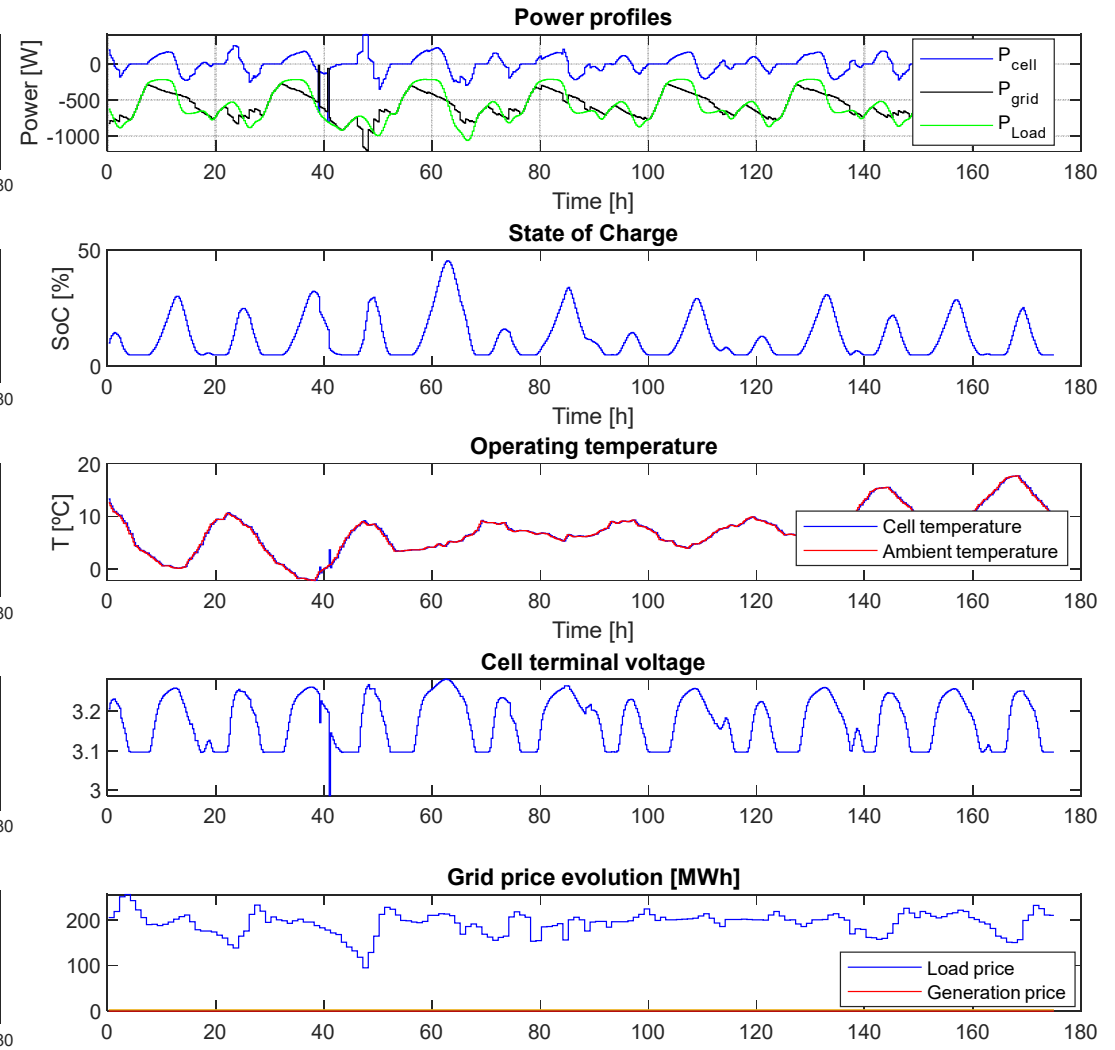
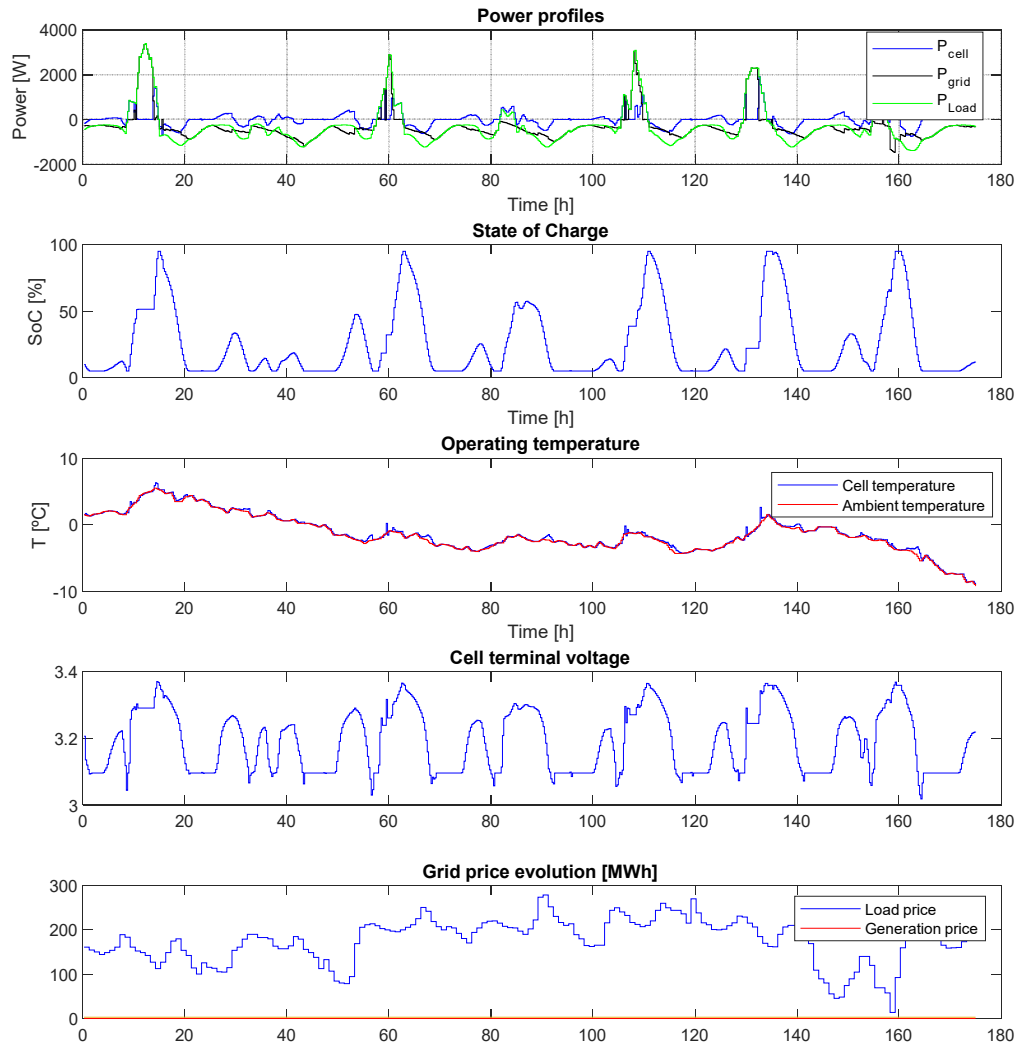
Concepto de battery pack modular – Control

- Hay distintos tipos de control modular en bibliografía.
- Se diferencian en controles heurísticos o basados en modelo en uno de sus ejes, y en si el control aplica límites estáticos o dinámicos al sistema.
- Nosotros planteamos un sistema basado en modelo con límites dinámicos.



4. Resultados – Battery packs modulares

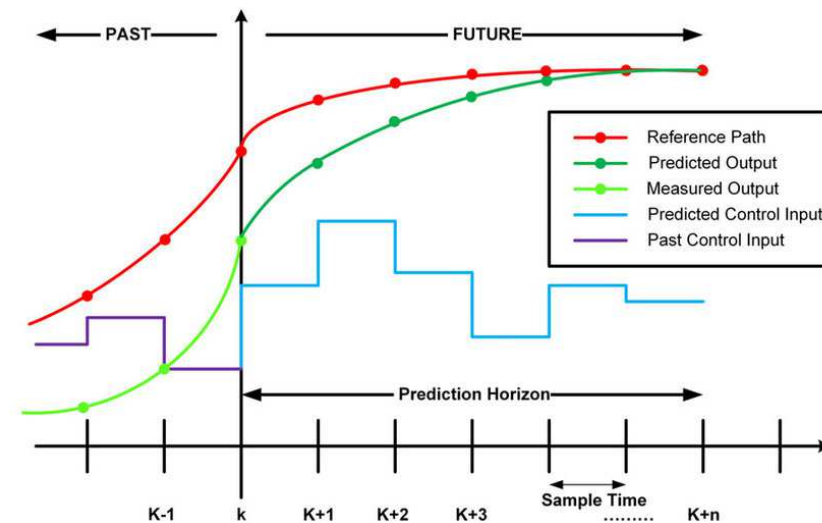
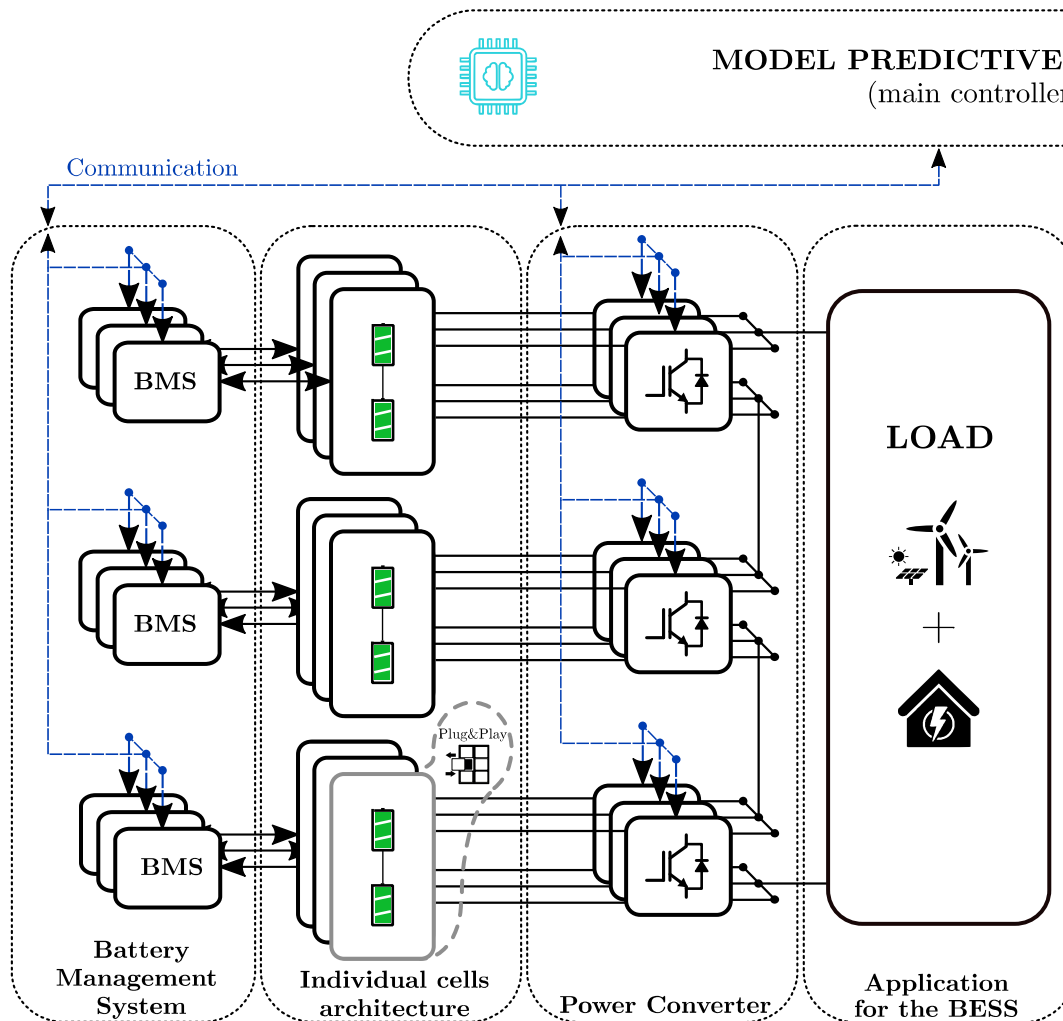
Concepto de battery pack modular – Control



Resultados – Battery packs modulares

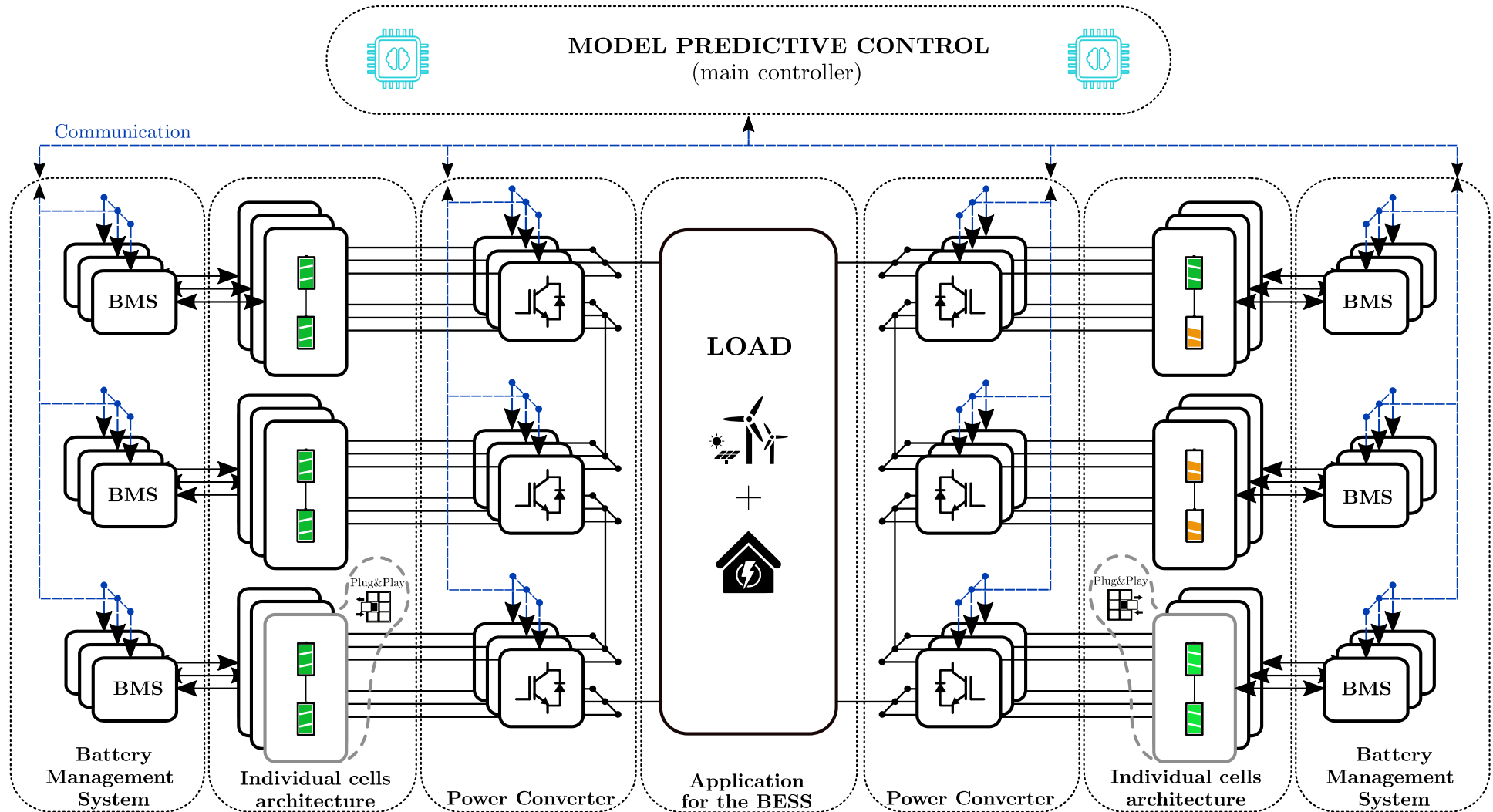
Concepto de battery pack modular – Control

- Una vez implementado el control predictivo basado en modelo para un sistema con un convertidor, estamos dando el salto a un sistema completamente modular donde repartimos la potencia de la batería entre módulos.



Concepto de battery pack modular – Control

- Finalmente daríamos el salto a sistemas completamente heterogéneos. Estas heterogeneidades pueden darse entre módulos del mismo battery pack o entre baterías que alimenten unas mismas cargas o la misma aplicación.

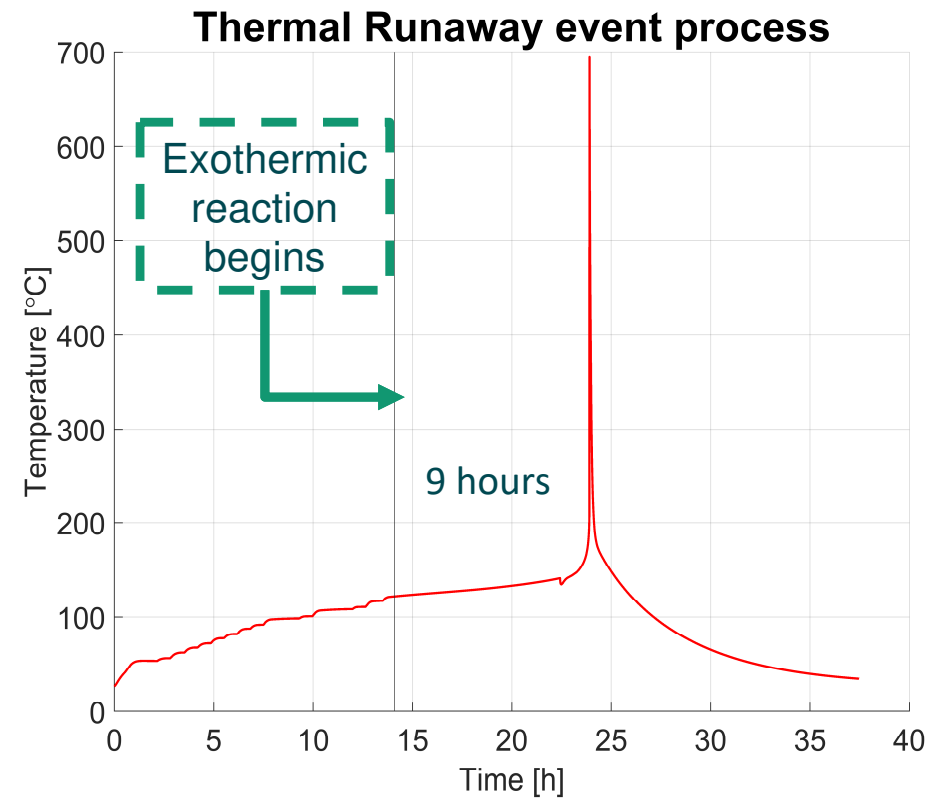
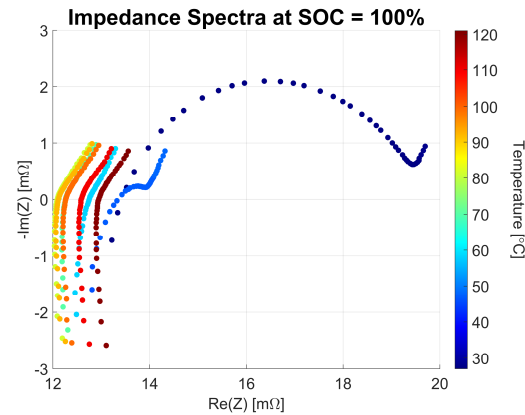


3.5

Safety

Desarrollo de estimadores de SoS

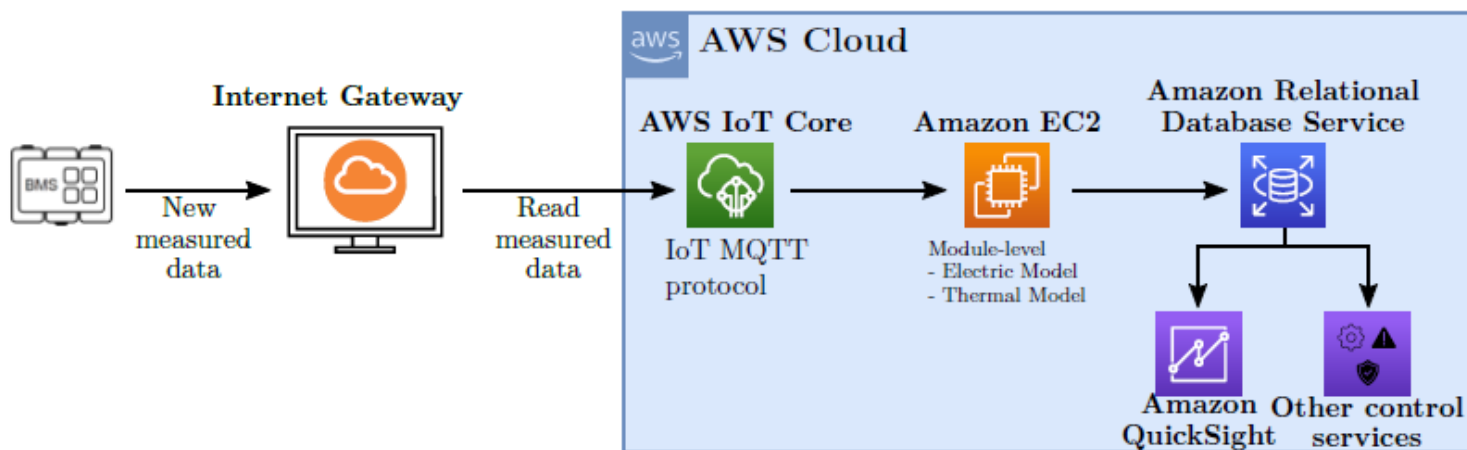
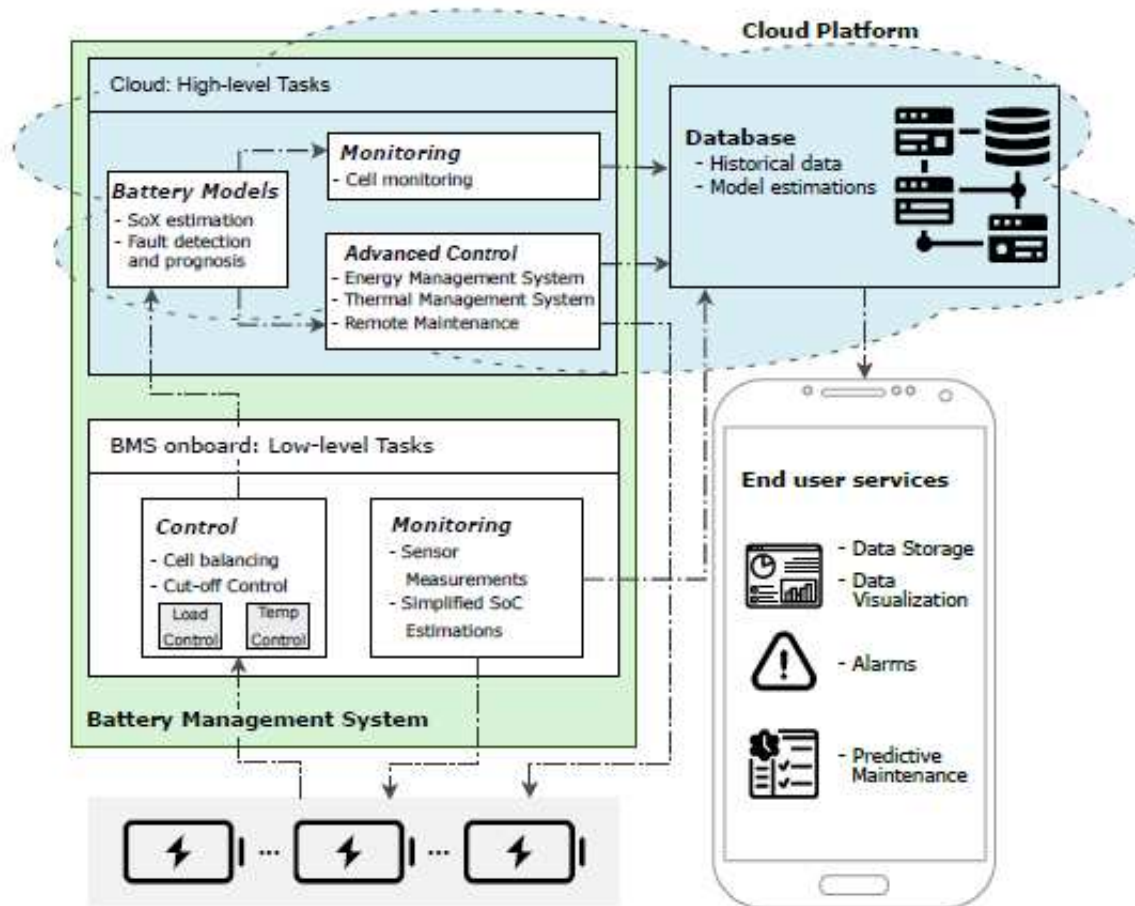
- El objetivo de esta tesis es detectar posibles fallos de manera prematura, de tal forma que de tiempo a tomar las decisiones pertinentes en una aplicación concreta.



3.6

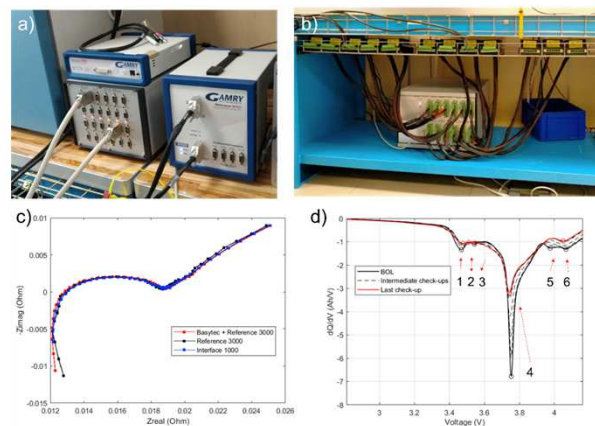
Digital twin in the cloud

Resultados – Digital twin in the cloud



4

Laboratorios



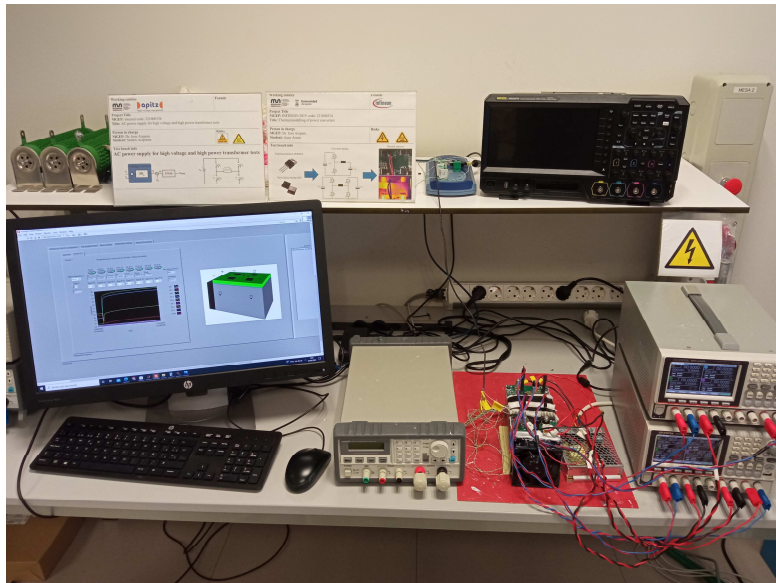
Equipamiento

- 24 canales de ciclador Basytec para celdas. Canales de 50A, seis de ellos paralelizables hasta alcanzar 300A, con medidor de EIS integrado y control de temperatura.
- 8 canales de ciclador Arbin para celdas. Canales de 10A, con medidor de EIS integrado y control de temperatura.
- Ciclador de celda propio hasta 150A. (Posibilidad de fabricar canales para ciclado)
- Medida de EIS hasta 30A a través de Booster de la marca Gamry, para ensayos a celdas con baja impedancia.
- 11 cámaras para emular temperaturas ambientes con rango de -20 a 85 grados.
- Fuentes bidireccionales para carga y descarga de módulos desde 60 voltios a 1500 voltios y en distintos rangos de corriente y potencia hasta 18kW
- Laboratorio de media tensión con capacidad de desarrollar hasta 10MW.
- Próxima adquisición: caja de guantes para desmantelar celdas, generar coin cells y caracterizar half cells.

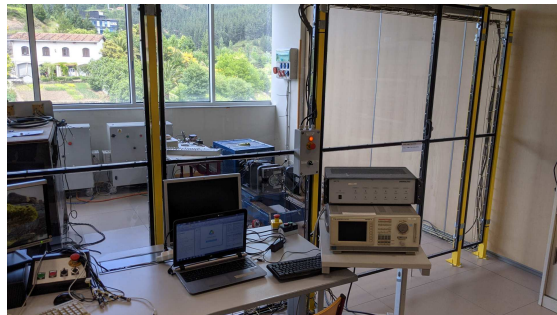
Classical Low power station architecture



General view of a standard Low Power lab



Mondragon Medium Power Stations



Hernani Medium Power Stations



- 4 MW Lab Photos
 - High power testing equipment and testing lab



High Power test in Mondragon MV Lab



2 MVA drive system

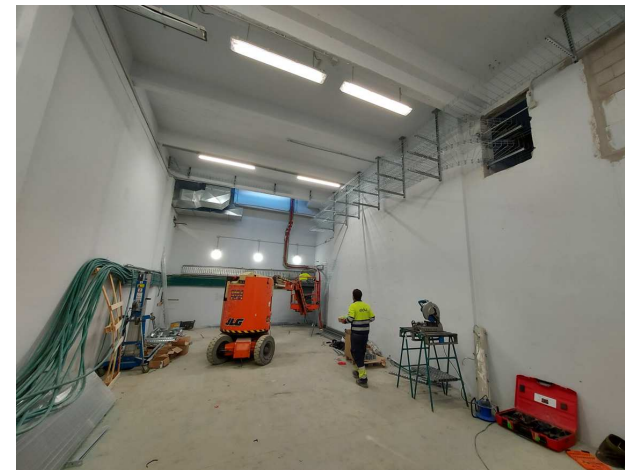


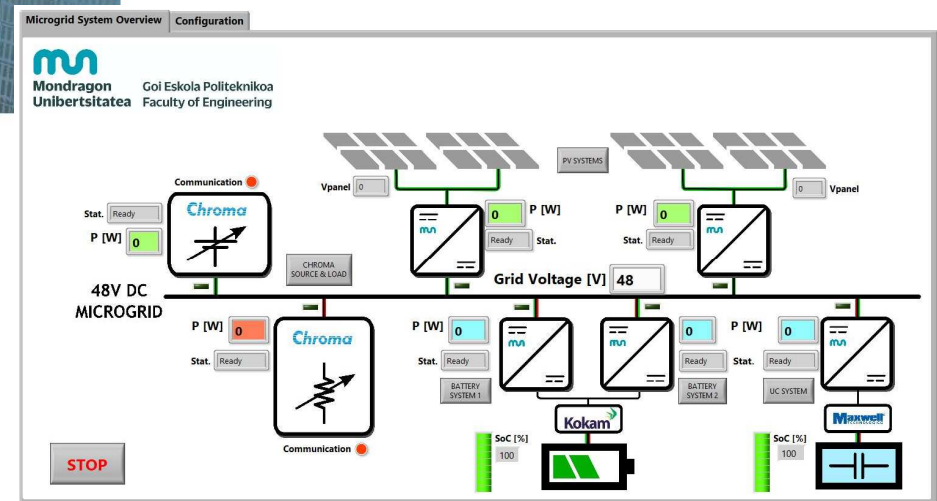
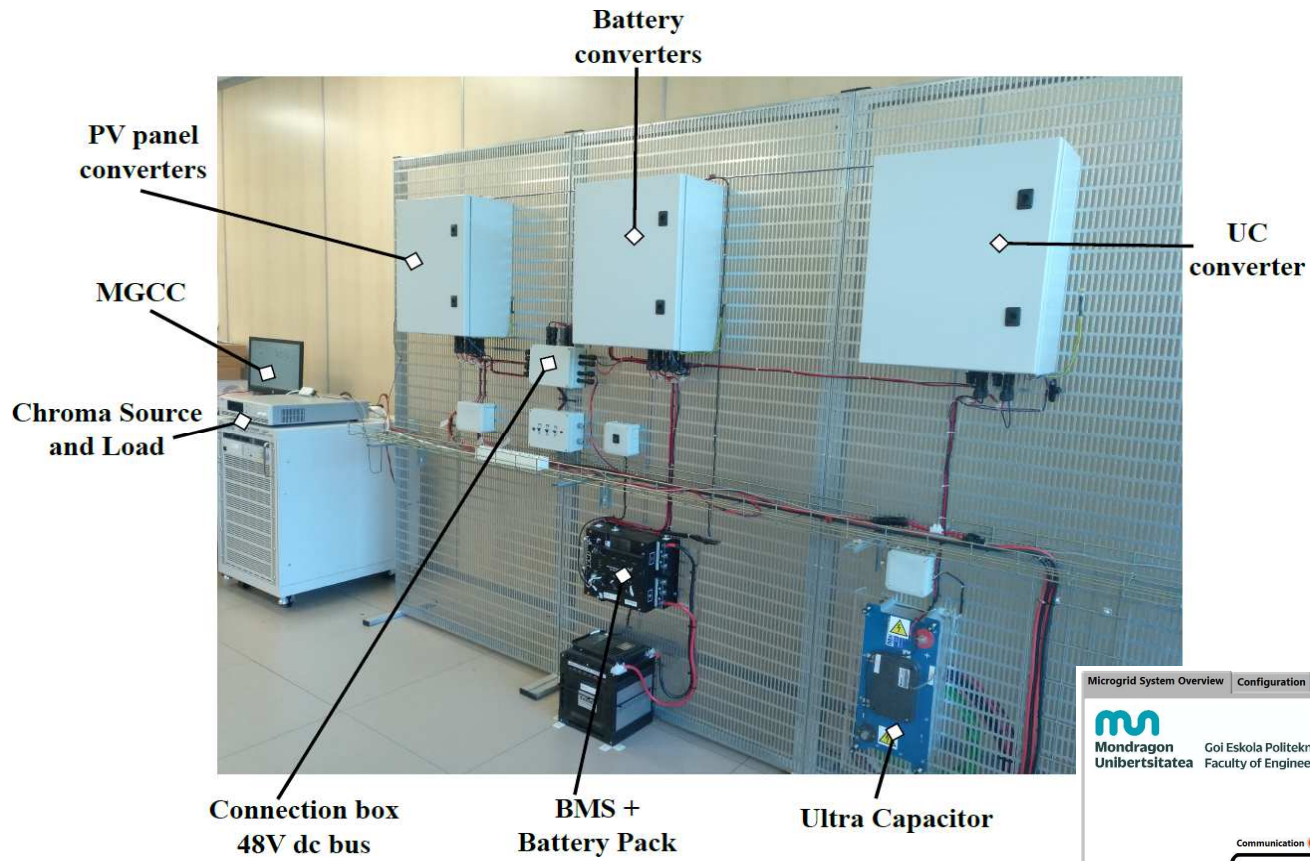
2MVA low voltage ride-through equipment



A fully programmable voltage ride-through generator of 3MVA

- 10 MW Lab Photos(Under development)





5

Proyectos Educativos



https://www.youtube.com/watch?v=N_QclGFGbDo



<https://www.youtube.com/watch?v=CKWCIJFuJ9o>



<https://www.youtube.com/watch?v=qDO4LQ5tzDg>



<https://www.youtube.com/watch?v=1dVIXQ8H2fE>



<https://www.youtube.com/watch?v=FU3uC21dDww>

Gracias por todo!!!



Unai Iraola

uiraoia@mondragon.edu

T. 670611134

<https://www.mondragon.edu/ess>

Loramendi, 4. 20500 Arrasate – Mondragon

T. 943 71 21 85

info@mondragon.edu

