



DEGRADACIÓN DE BATERÍAS

Dra. Erika Teliz



Register

Sign in

Find articles with these terms

degradation battery



Advanced search

16,112 results

Set search alert

Refine by:

Subscribed journals

Years

2024 (573)

2023 (15,539)

Download selected articles Export

sorted by relevance | date

Research article Full text access

1 Shared autonomous electric vehicle system design and optimization under dynamic battery degradation considering varying load conditions

Journal of Cleaner Production, 12 September 2023

Ungki Lee, Namwoo Kang, Yoon Koo Lee

View PDF Abstract Extracts Figures Export

Research article Full text access

2 Battery swapping and management system design for electric trucks considering battery degradation

Transportation Research Part D: Transport and Environment, 8 August 2023



Register

Sign in

Find articles with these terms

aging battery



Advanced search

12,959 results

Set search alert

Refine by:

Subscribed journals

Years

2024 (420)

2023 (12,539)

Download selected articles Export

sorted by relevance | date

Research article Full text access

1 Thermal stability of lithium-ion battery subjected to inhomogeneous aging

Process Safety and Environmental Protection, Available online 20 October 2023

Jialong Liu, Longfei Zhou, ... Zhirong Wang

View PDF Abstract Graphical Abstract Extracts Figures Export

Research article Full text access

2 Aging behavior and mechanisms of lithium-ion battery under multi-aging path

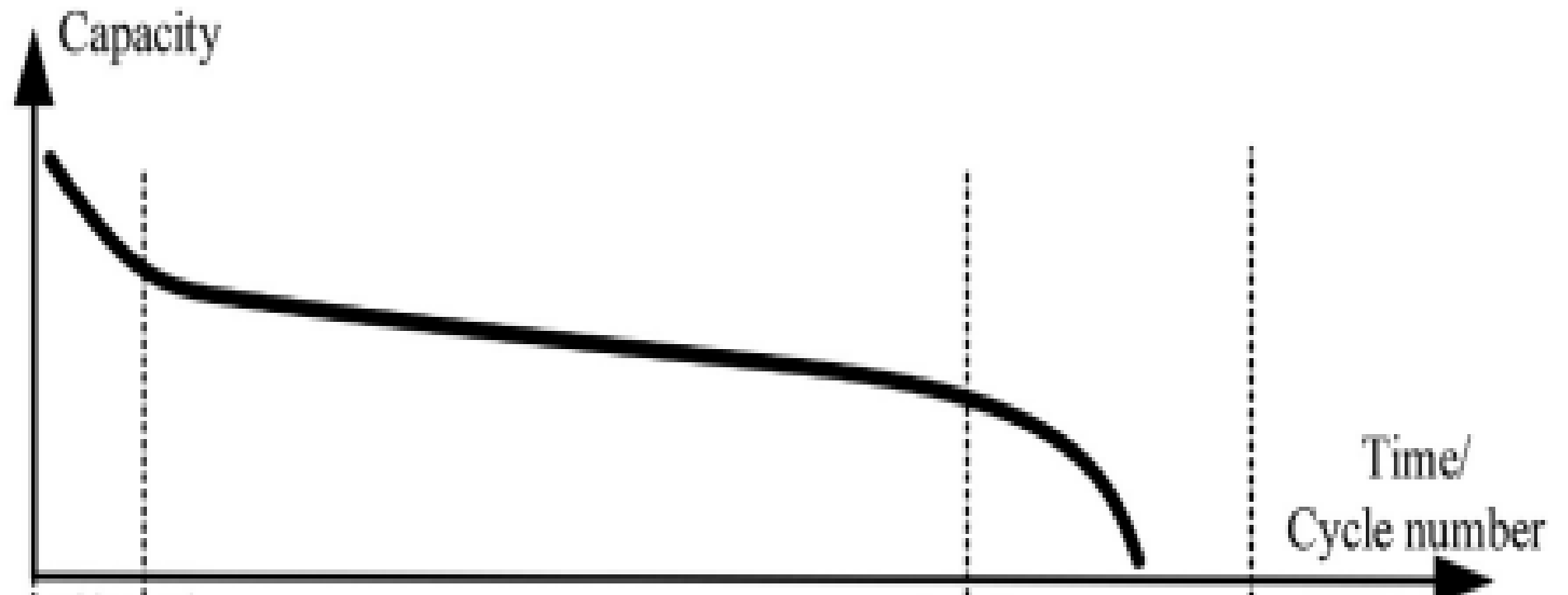
Journal of Cleaner Production, 6 September 2023

A background network diagram consisting of numerous interconnected nodes and edges. The nodes are represented by circles of varying sizes and colors, including dark purple, light grey, and yellow. The edges are thin lines connecting these nodes, creating a complex web-like structure. The overall color palette is muted, with a light purple background and a central white area where the text is located.

Modos de degradación

Algunas definiciones

Envejecimiento de la batería



¿Qué implica la degradación de la batería?

Pérdida de capacidad

Aumento de la resistencia

¿Cuándo ocurre?



✓ Durante la carga

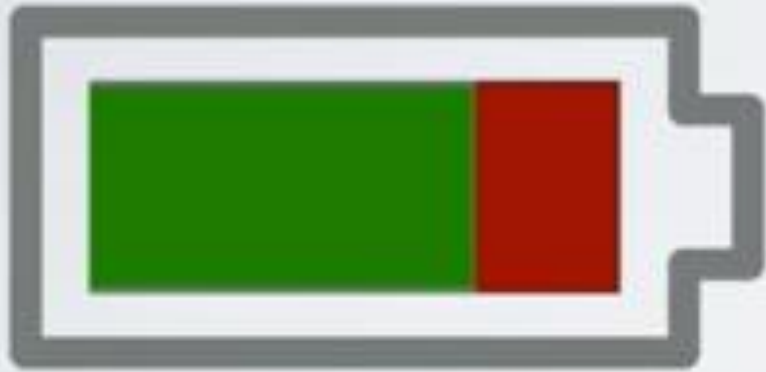


✓ Durante la descarga



✓ En reposo

¿Cuáles son los efectos medibles?



Disminución de la capacidad



Aumento de la resistencia

Envejecimiento de la batería

Envejecimiento en reposo

Envejecimiento del ánodo

Formación del SEI

Envejecimiento del cátodo

Disolución de metales

Envejecimiento por ciclado

Envejecimiento del ánodo

Formación de SEI

Perdida de Iones de Li

Platinado de Li

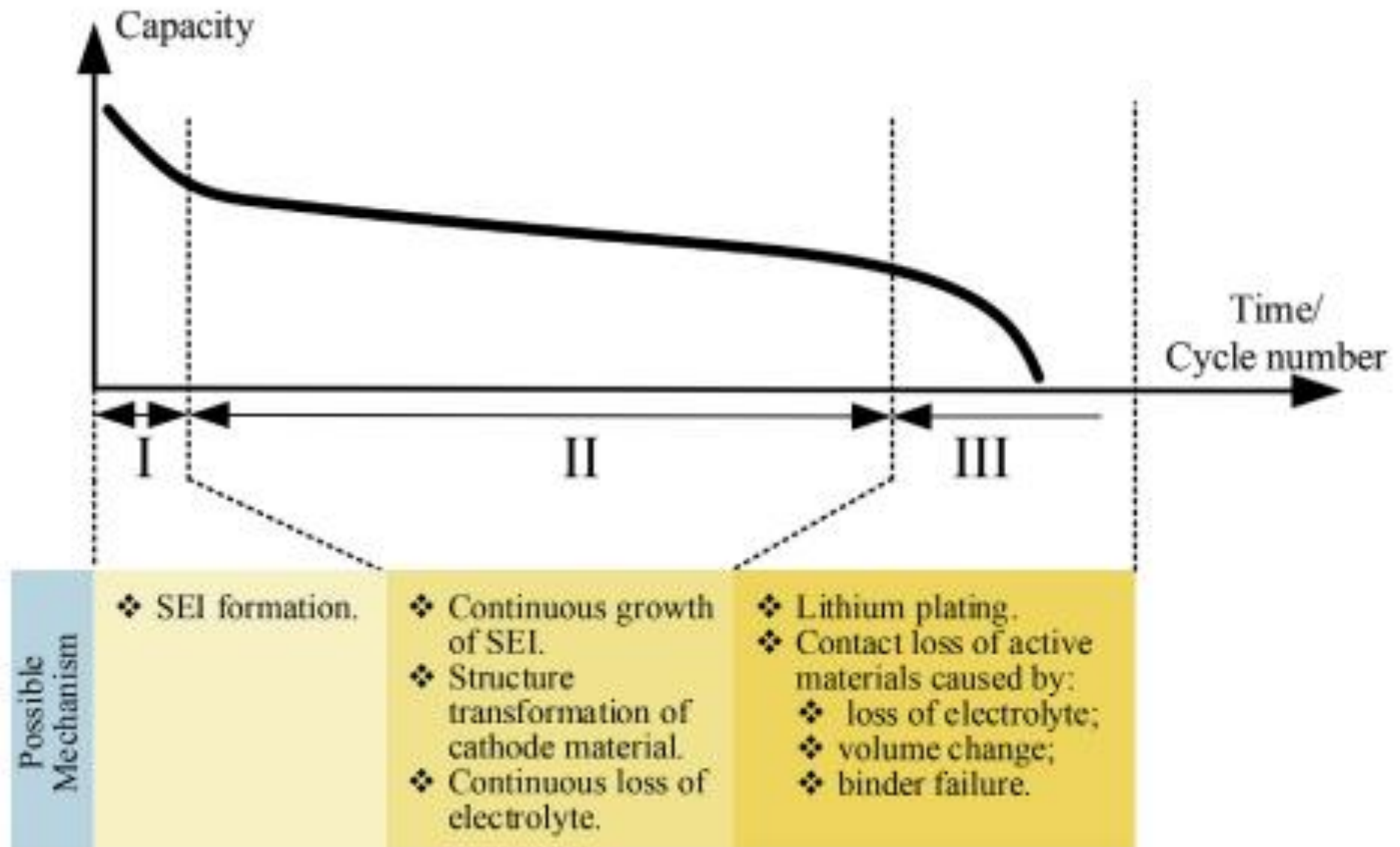
Deformación debido al estrés mecánico

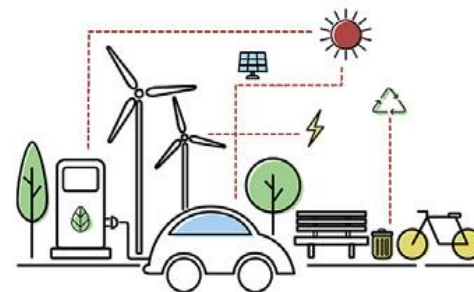
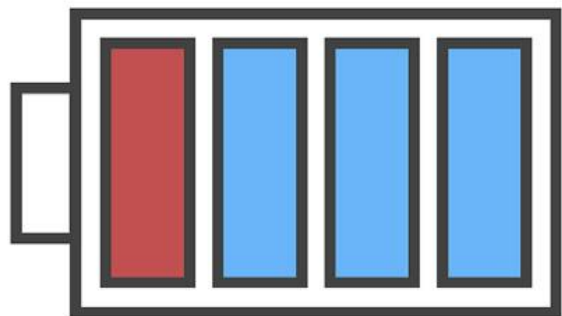
Envejecimiento del cátodo

Cambios estructurales

Disolución de metales

Formación de SPI (solid permeable Interface)



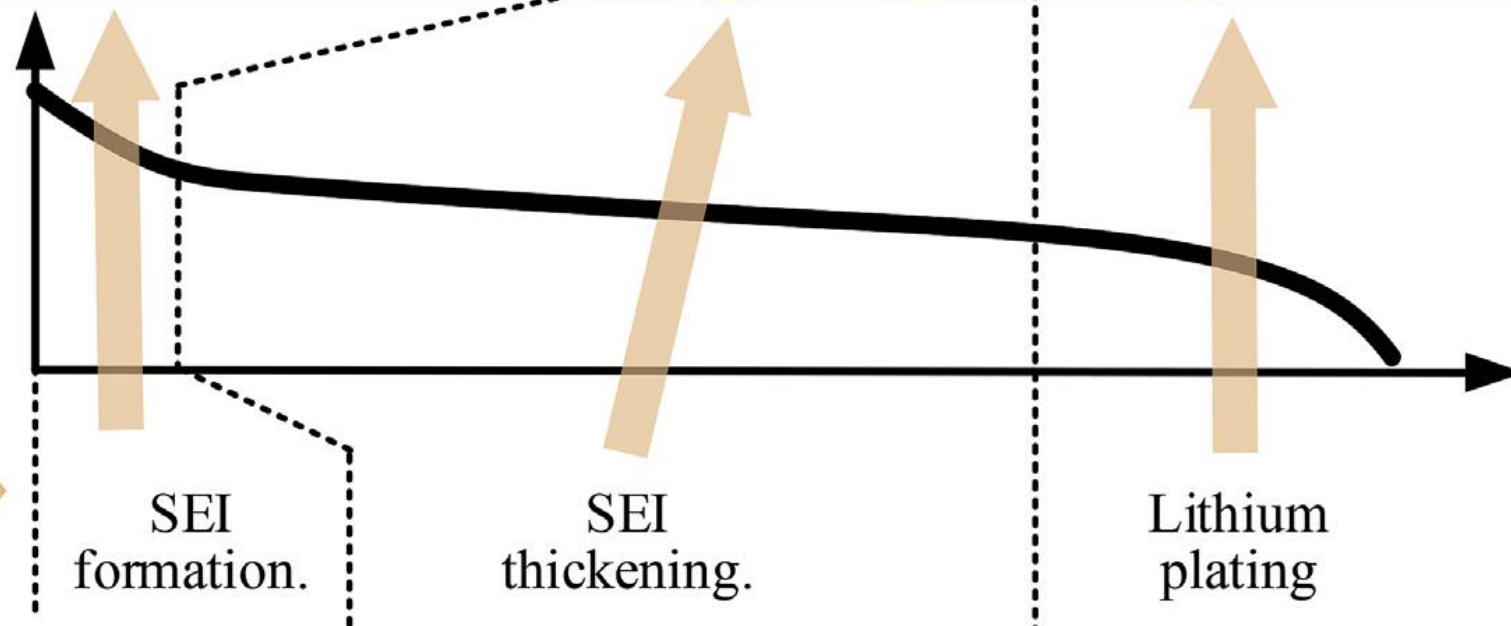
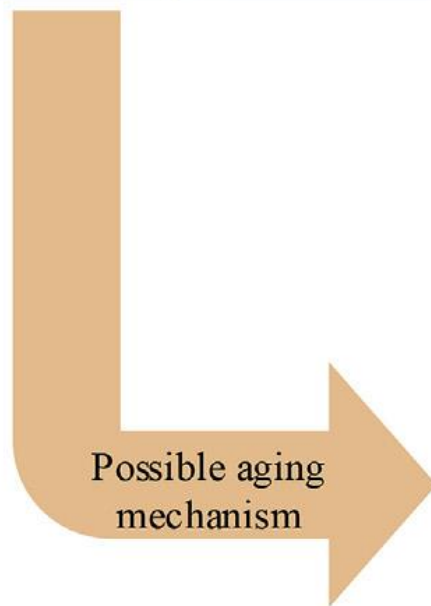


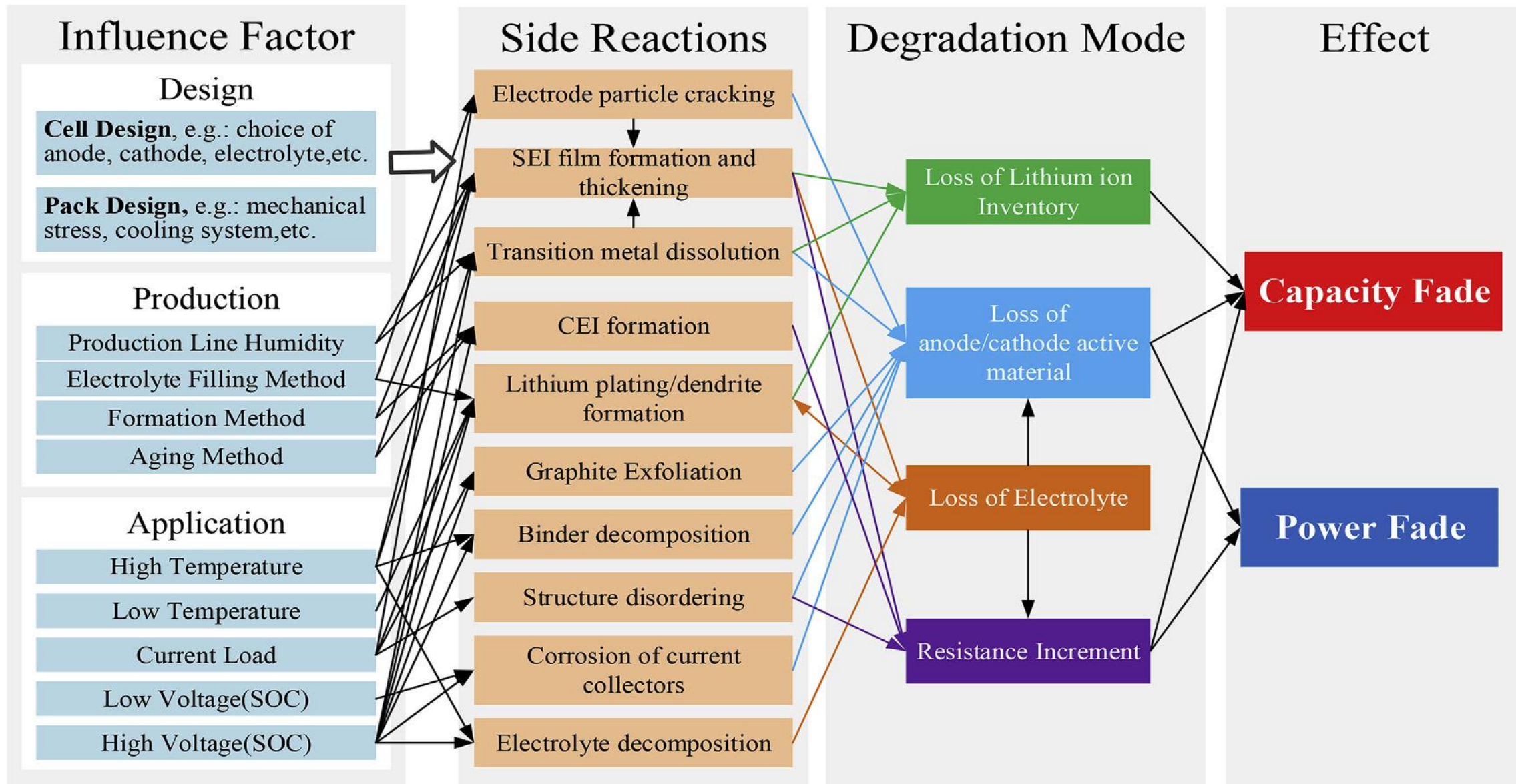
Battery
Design

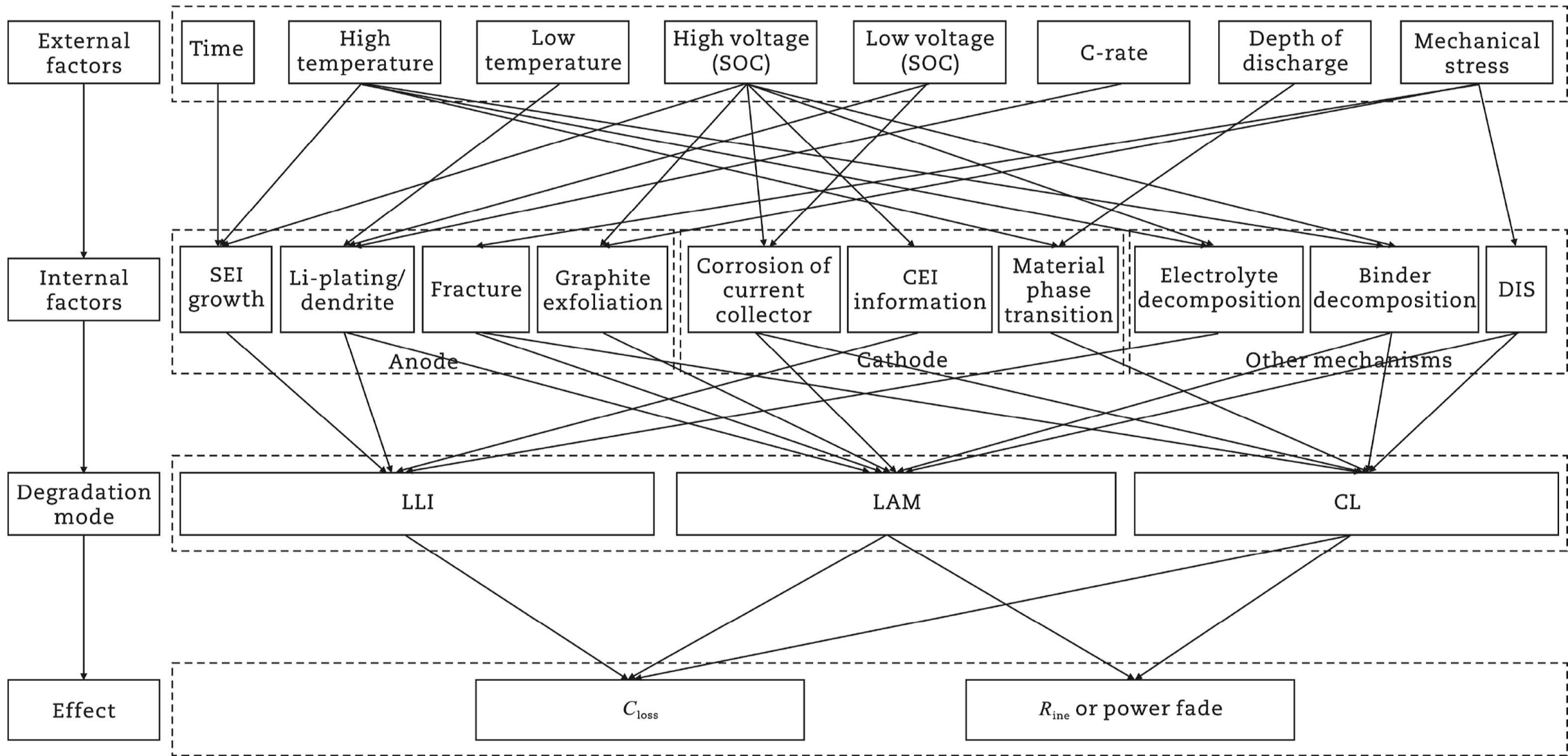
Battery
Production

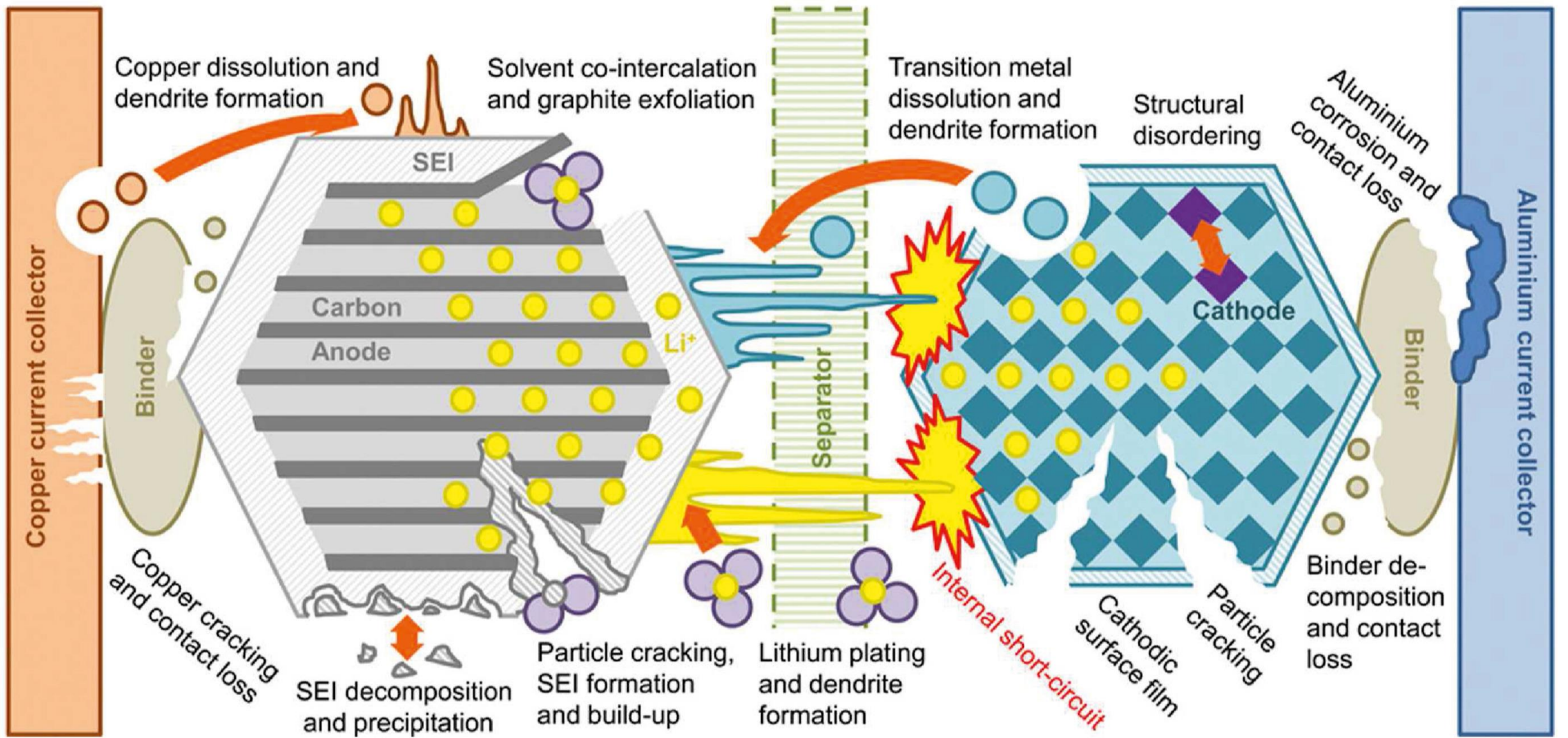
EV
Application

Second Life
Application



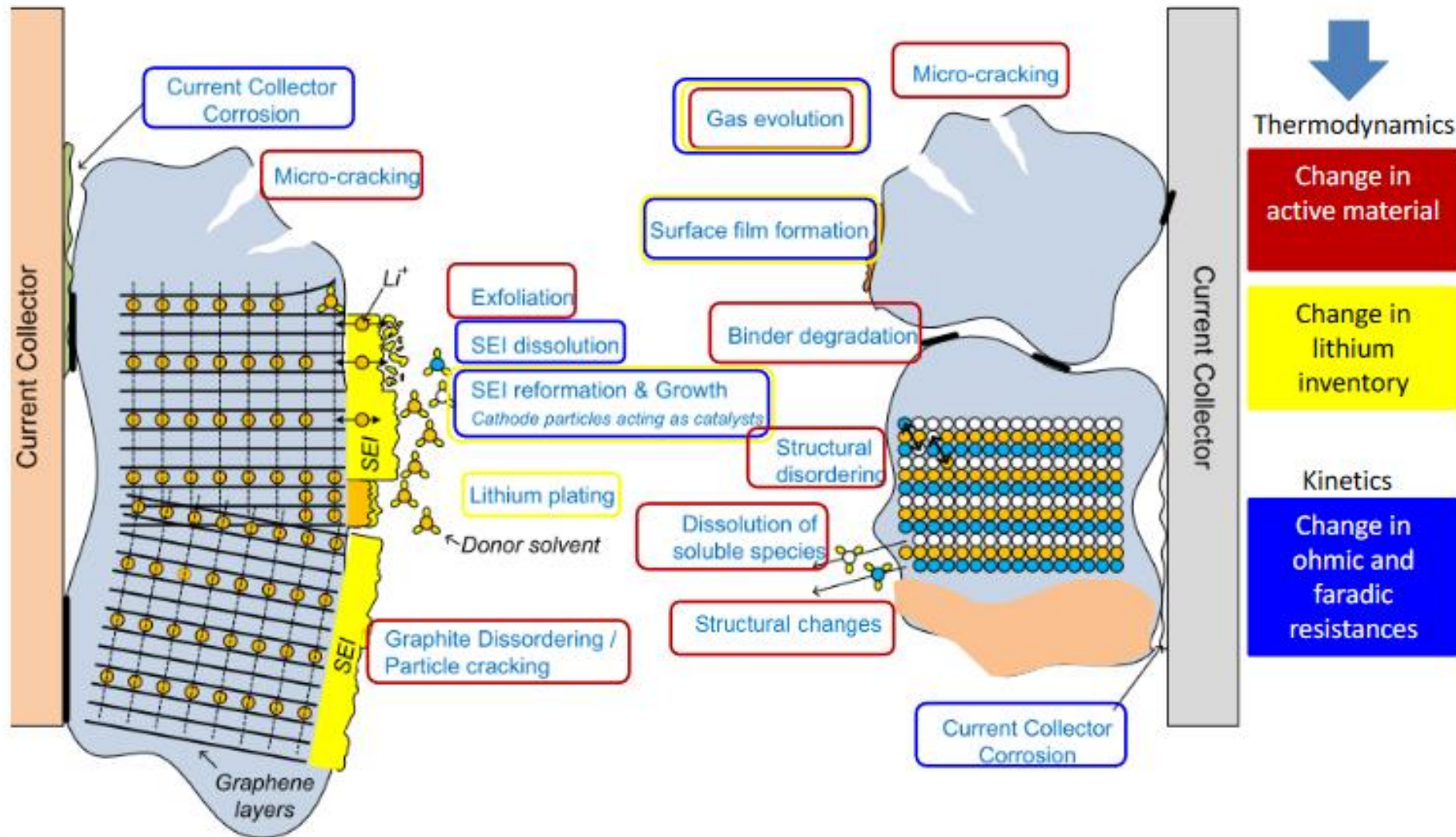


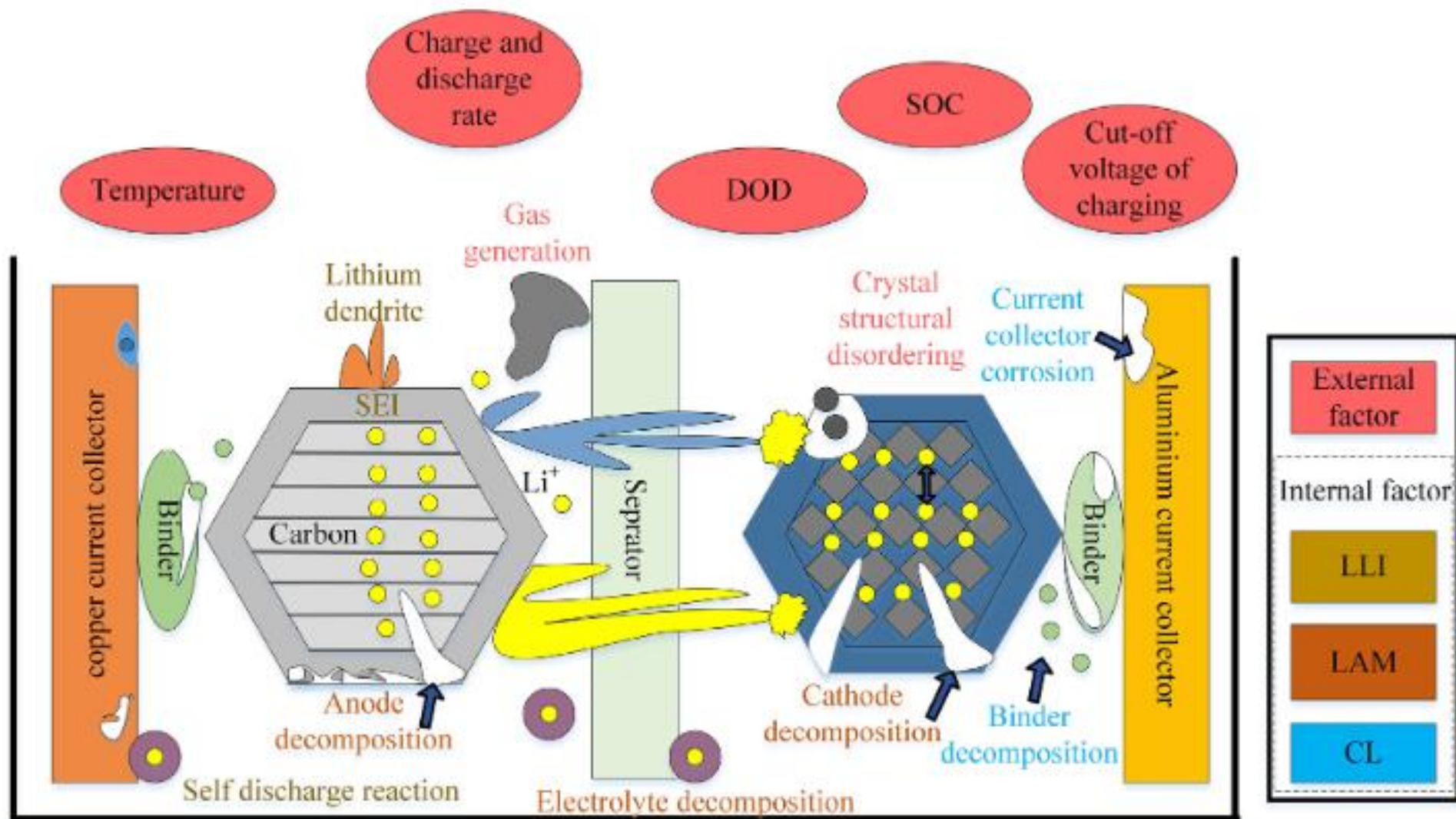




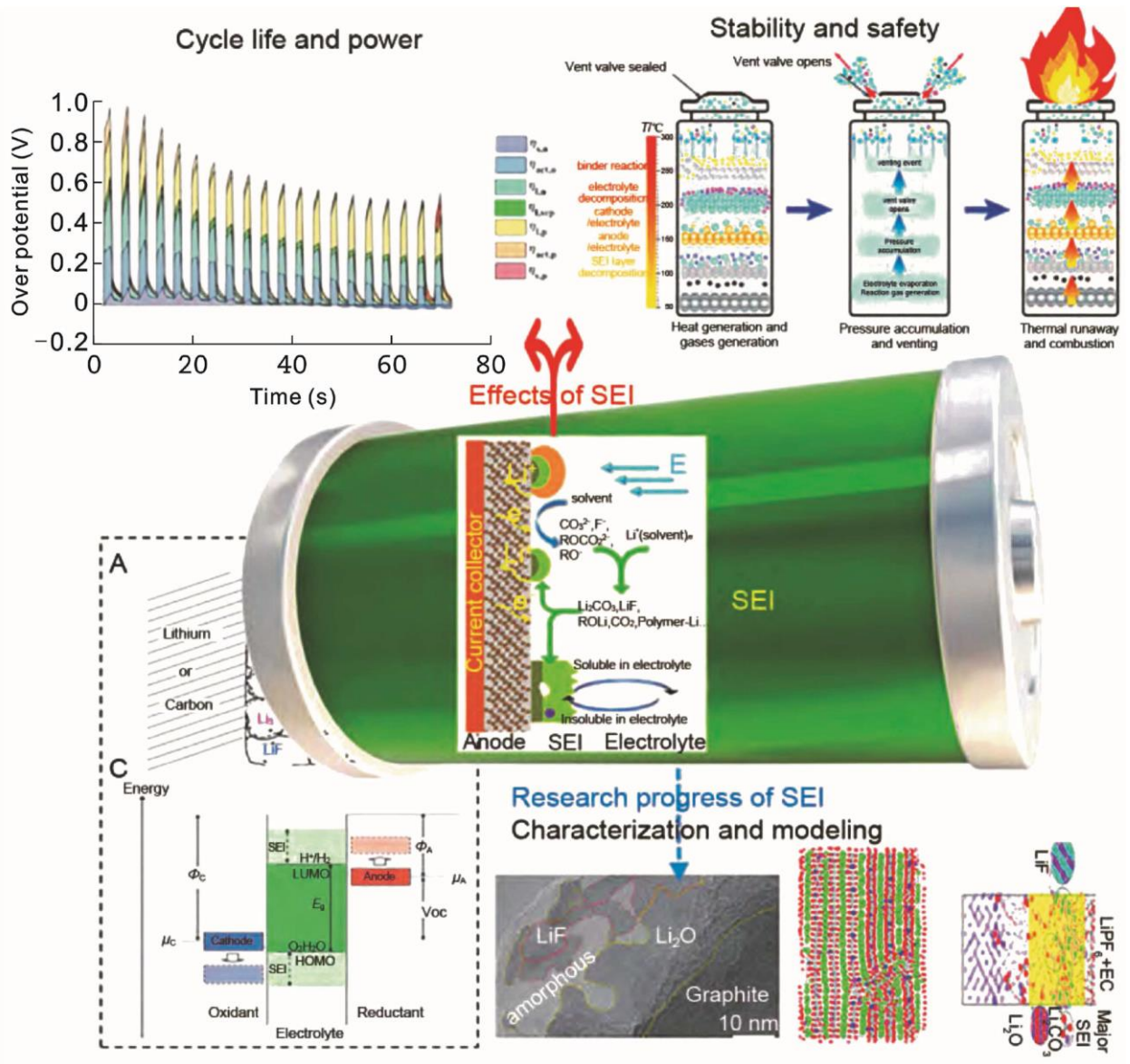
Lithium ion battery degradation mechanisms

Useful categorization for diagnostics





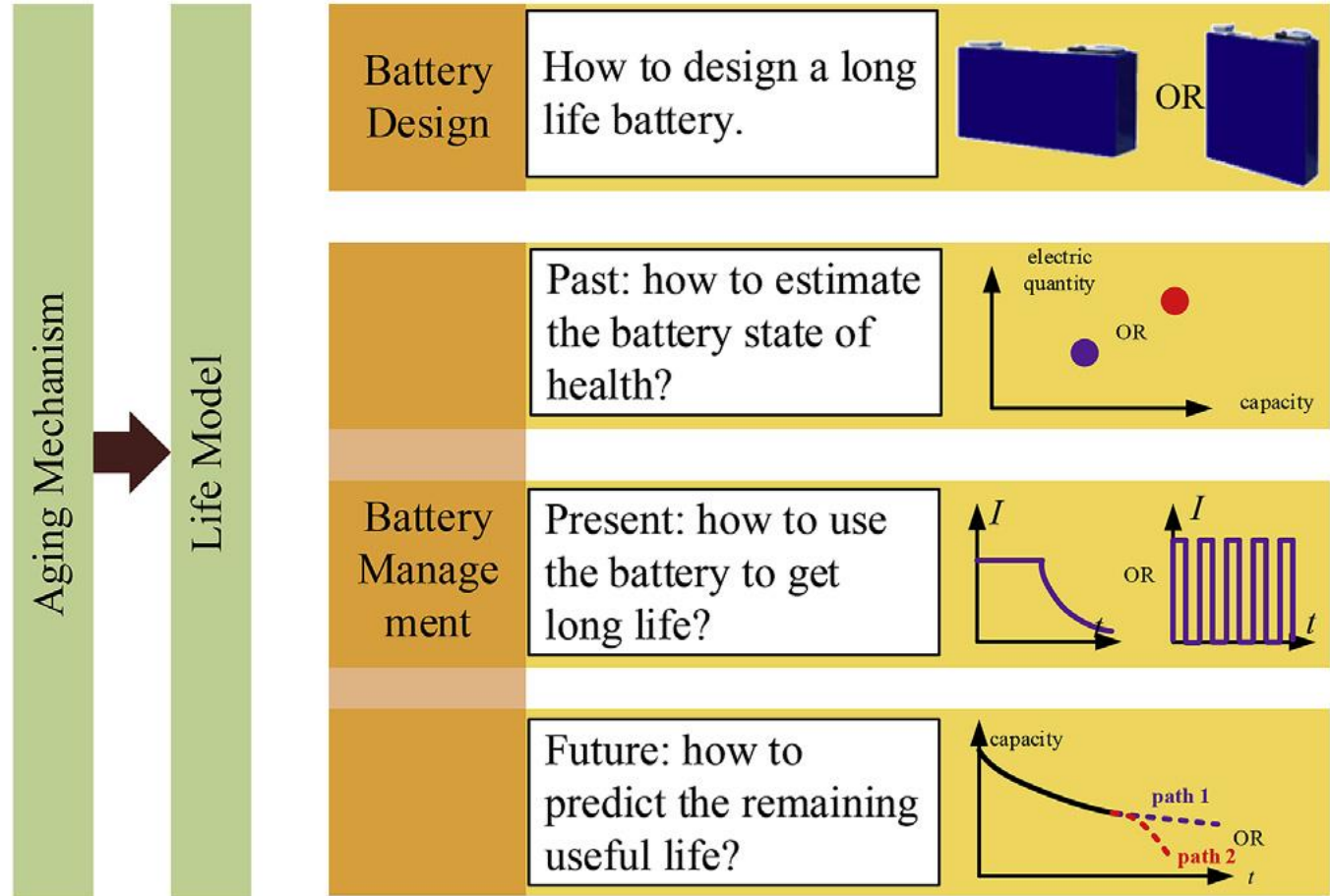
Lithium-ion battery



Influencia del envejecimiento

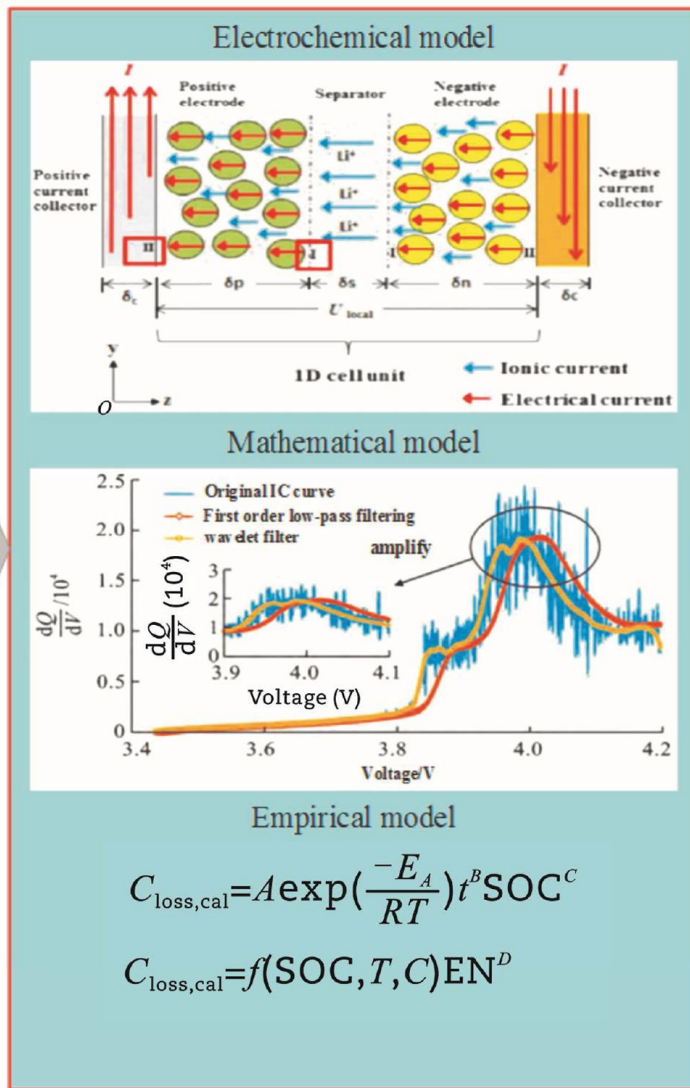
- Como influyó su historia
- Optimizar condiciones de uso
- Predecir el desempeño futuro

Para realizar una predicción confiable hay que basarse en el mecanismo de envejecimiento dominante, el modelo de degradación en diversas condiciones de trabajo.

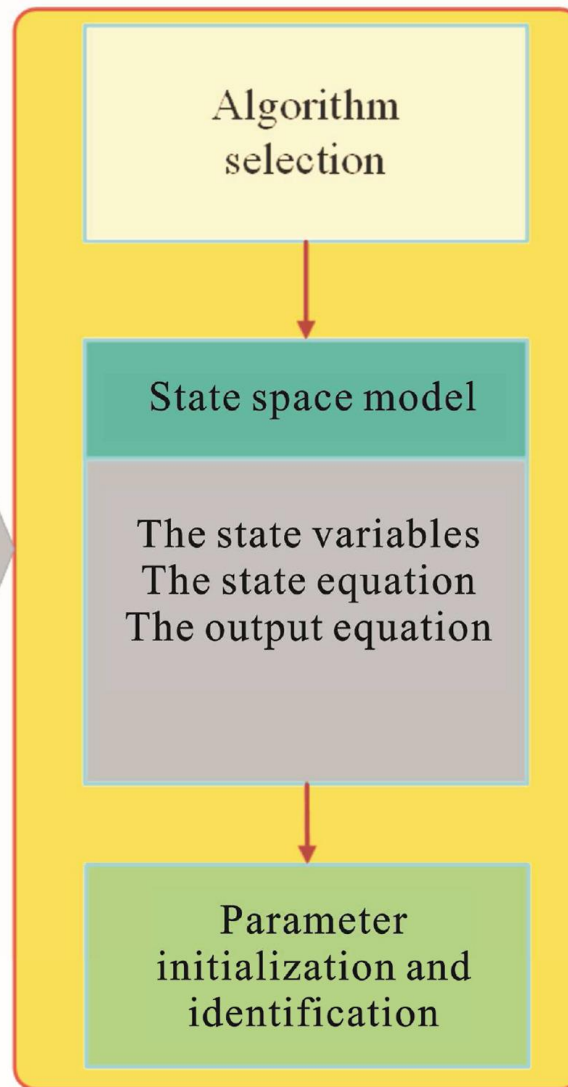


History date of battery
(available internal information, degradation trends)

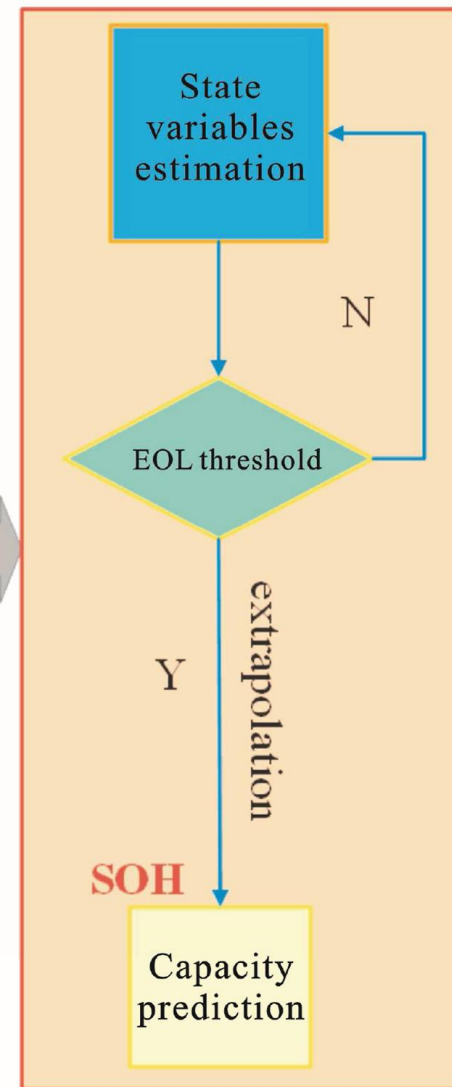
Model selection



Parameter identification



SOH prediction



Experimental method

Direct measurement

Cycle number counting

Coulomb counting

EIS

Indirect analysis

IC

DV

Q(V)

Other

- advantage
- disadvantage

- simple and practical, as well as fast in calculation
- Most of them are operated offline, and it is difficult to measure directly online, among which the Coulomb counting method requires high accuracy of current sensor.

- More information about battery aging can be extracted and quantitatively expressed, and the accuracy of battery SOH estimation in laboratory conditions is better.
- The IC/DV method is only applicable under specific conditions (low magnification) and is influenced by temperature

Técnicas no invasivas dinámicas y estudios termodinámicos

Ensayos de capacidad

Vgen y Vapp y efecto de I

Ensayos a potencial de circuito abierto

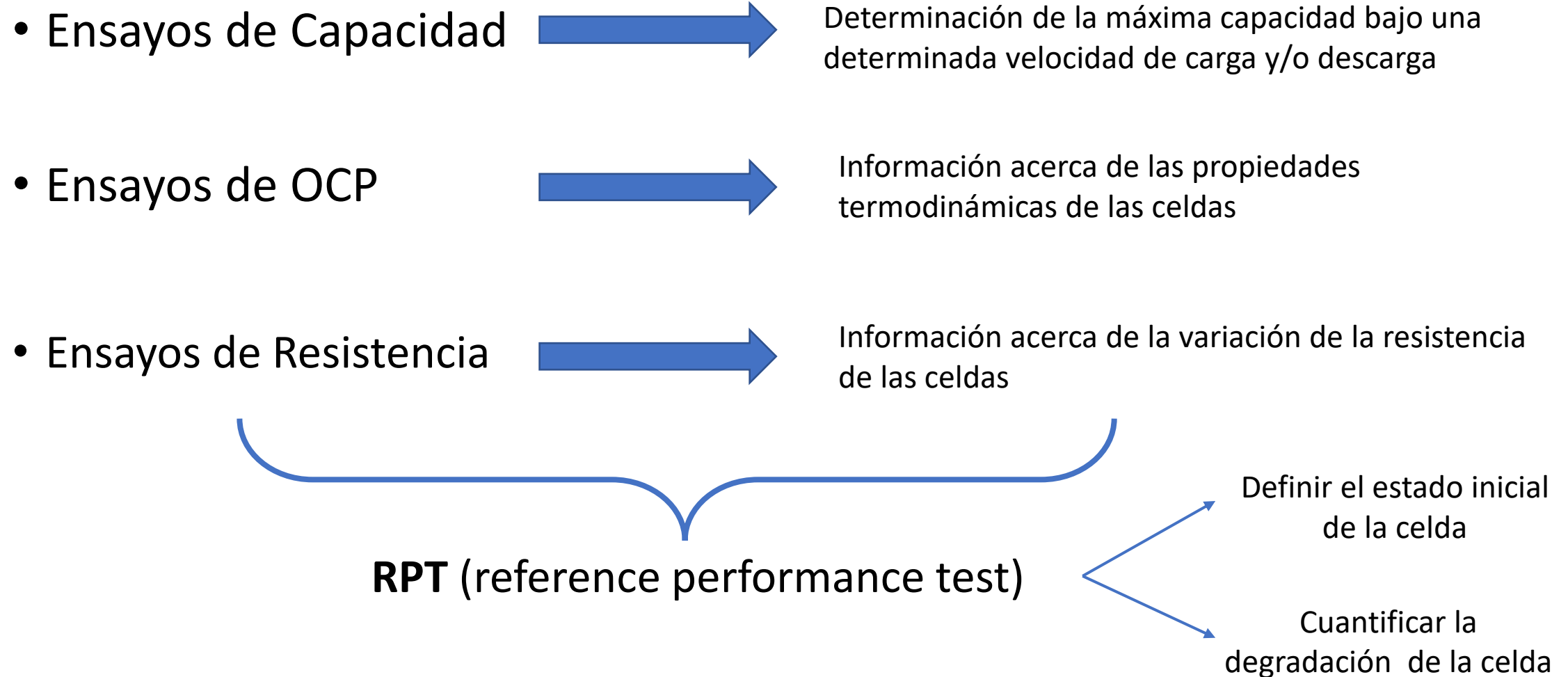
- GITT
- Ciclado a baja velocidad y pseudo OCV.
- EMF

Espectroscopía de impedancia electroquímica: EIS

Espectroscopía electroquímica de voltaje: EVS

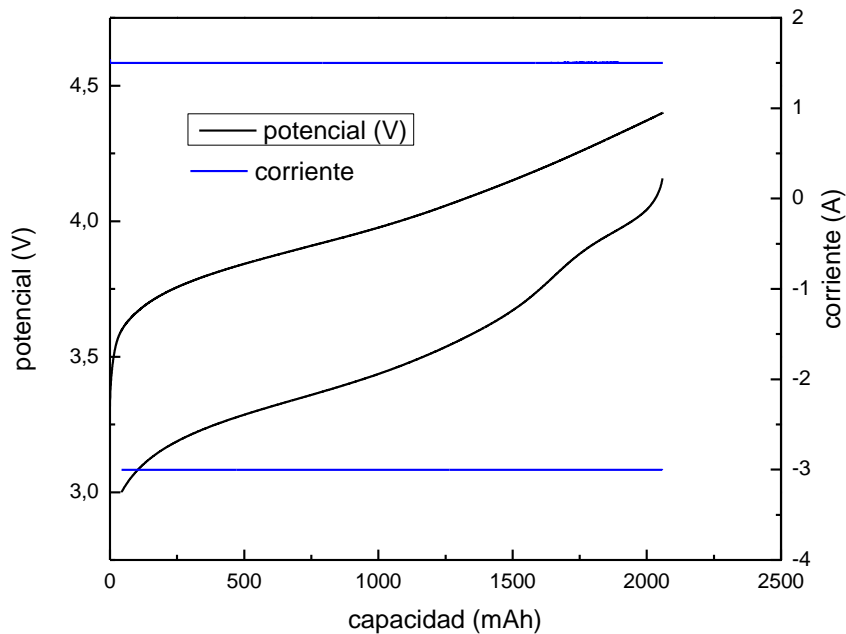
- IC
- DV

Estudios de desempeño electroquímico



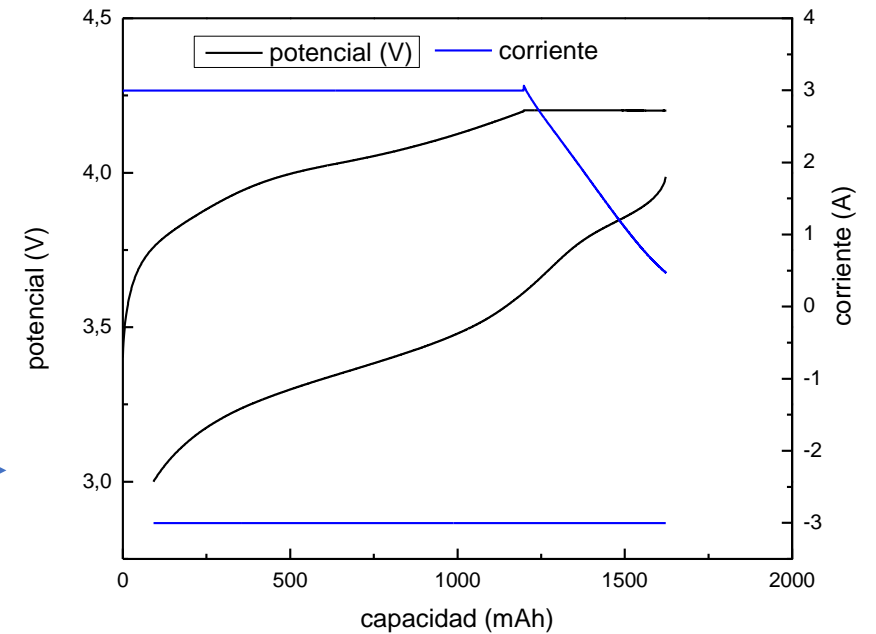
Ensayos de Capacidad

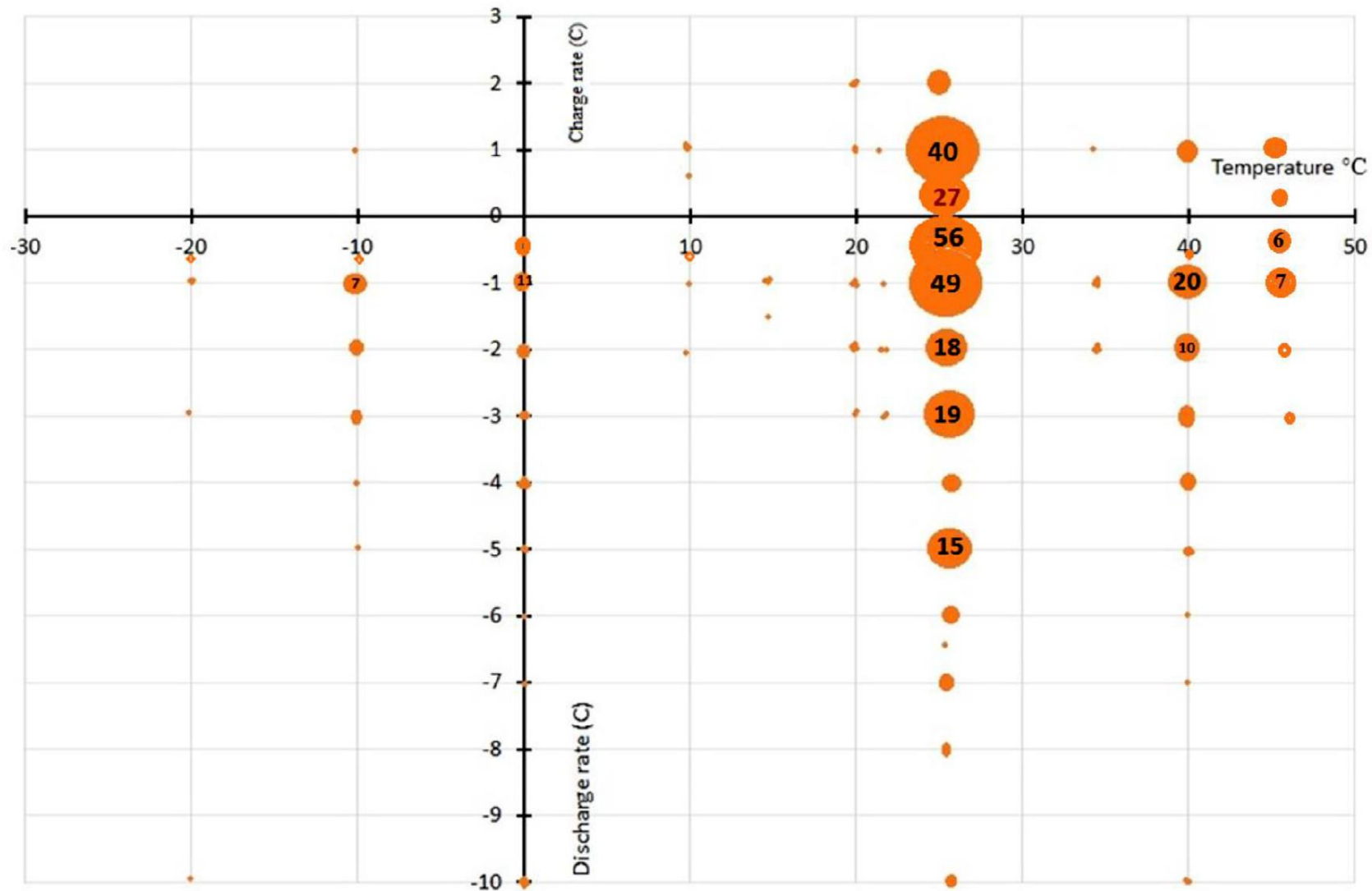
- La pérdida de capacidad depende de la pérdida de inventario de litio y/o del material activo de la celda
- La capacidad dependerá de condiciones operacionales de la celda: velocidad de carga/descarga y temperatura



CC

CCCV





Uso de diferentes velocidades de carga-descarga a diferentes temperaturas para pruebas de capacidad segun estándares internacionales y literatura reciente. Los puntos más grandes representan una mayor cantidad de estándares/bibliografía que utilizan esa velocidad a esa temperatura.

Ensayos de Capacidad para caracterizar la degradación

- Para estudiar el envejecimiento a largo plazo, se ha de realizar un gran número y variedad de pruebas de caracterización.
- Los ensayos de capacidad a corriente constante se utilizan para determinar la pérdida de capacidad.
- Se realizan estudios a diferentes temperaturas y C-rates

Bajas C-rates
($\leq C/10$)



Para los estudios de degradación, proporcionan información más precisa de la pérdida de capacidad termodinámica a través de la pérdida de inventario de litio (LLI) y la pérdida de material activo (LAM)

Altas C-rates
($\geq C/10$)



En estos casos los efectos resistivos son importantes y se podemos estudiar la cinética. Por lo tanto, en las pruebas de capacidad que emplean altas C-rates se observan la suma de los efectos cinéticos y termodinámicos

Ensayos de OCP: Los ensayos de potencial de circuito abierto implican la medida del potencial cuando no circula corriente a diferentes estados de carga (SoC)

La respuesta electroquímica de un material activo está influenciada principalmente por los metales de transición que se oxido-reducen y su proporción relativa. También estará influenciado por la estructura atómica inicial y la naturaleza de los contraiones.

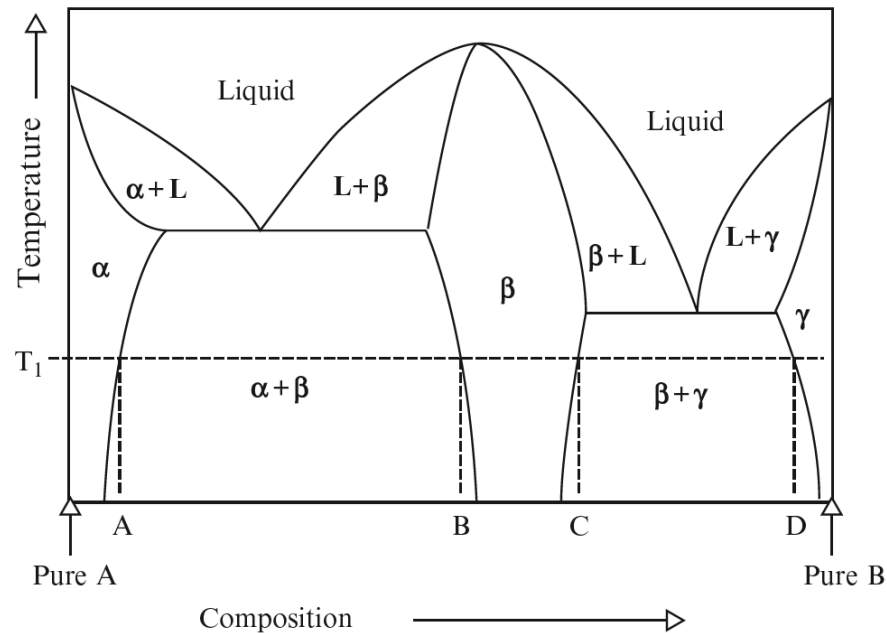


Fig. 3.5 Schematic binary phase diagram with an intermediate phase β , and solid solubility in terminal phases α and γ

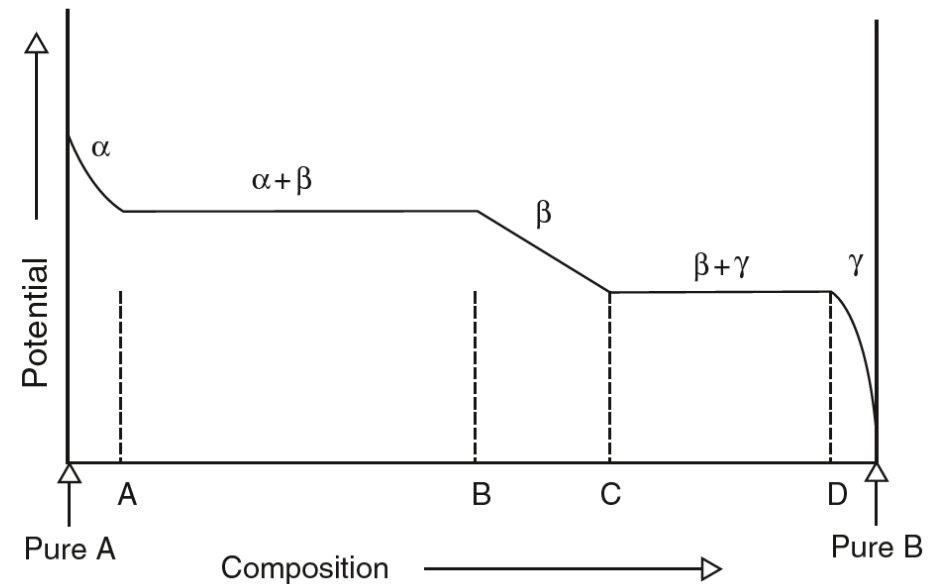


Fig. 3.6 Schematic variation of electrical potential with composition across the binary phase diagram shown in Fig. 3.5

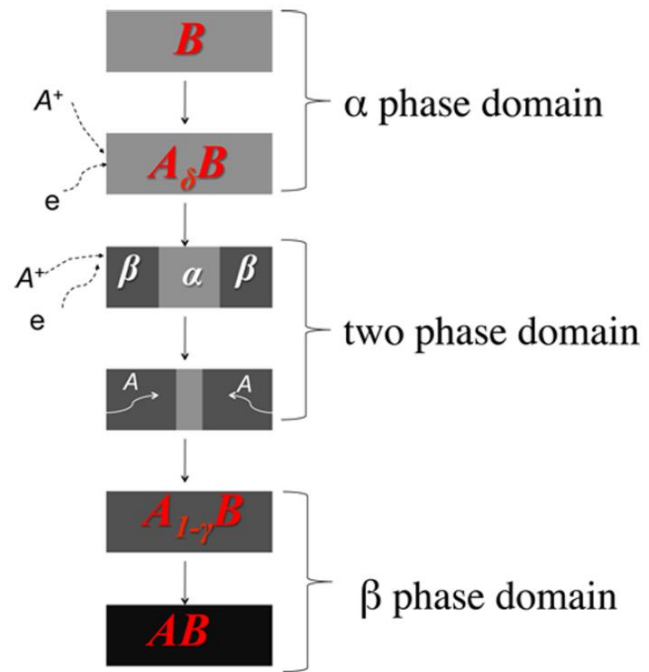


Figure 2. Evolution of phases during the electroactive component A insertion into the host material B.

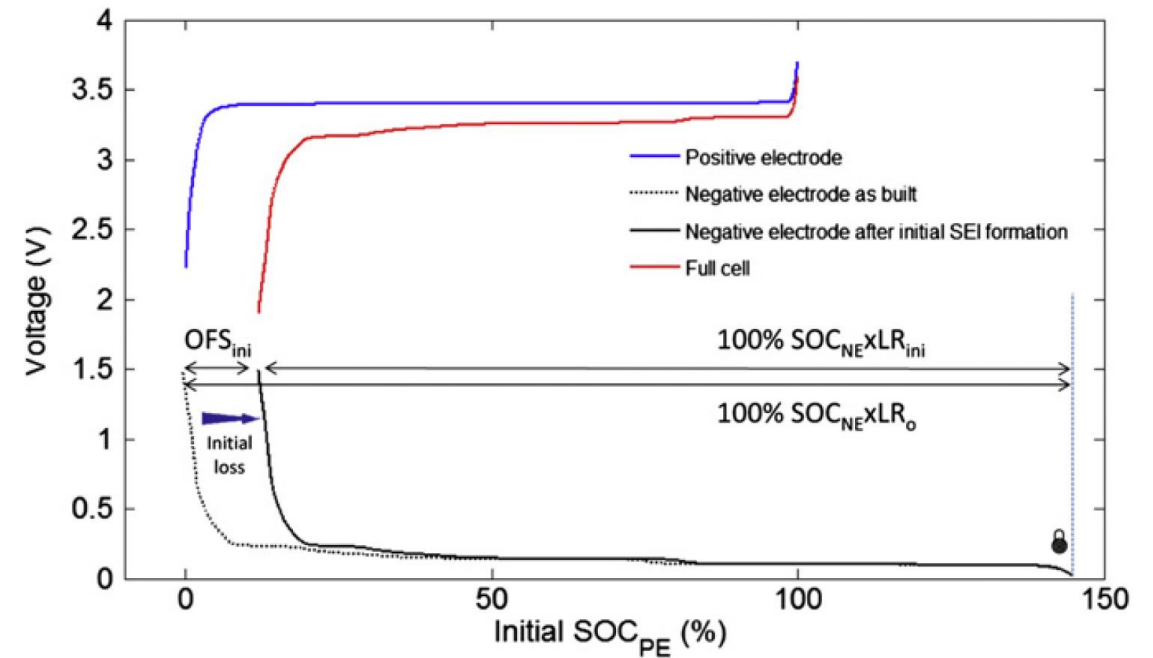


Fig. 4. Simulation of cell voltage as a function of SOC with the formation of the initial SEI layer.

La respuesta de la celda completa (curva OCV vs. SoC) está definida por las curvas OCV de ambos electrodos activos y otros dos parámetros significativos: la relación de carga que relaciona la capacidad del PE con respecto al NE y un offset que tiene en cuenta posibles cambios de SoC entre los electrodos

Ensayos de OCP

- En ocasiones ambos electrodos tienen curvas OCV estables con el envejecimiento, sin embargo la curva OCV de una celda completa evoluciona significativamente con el envejecimiento ya que el envejecimiento induce cambios en la relación entre los electrodos positivo y negativo y, por lo tanto, modifica la relación de carga y el offset
- Los cambios en la relación de carga y el offset no solo afectan la respuesta de potencial de una celda completa, sino también su retención de capacidad.

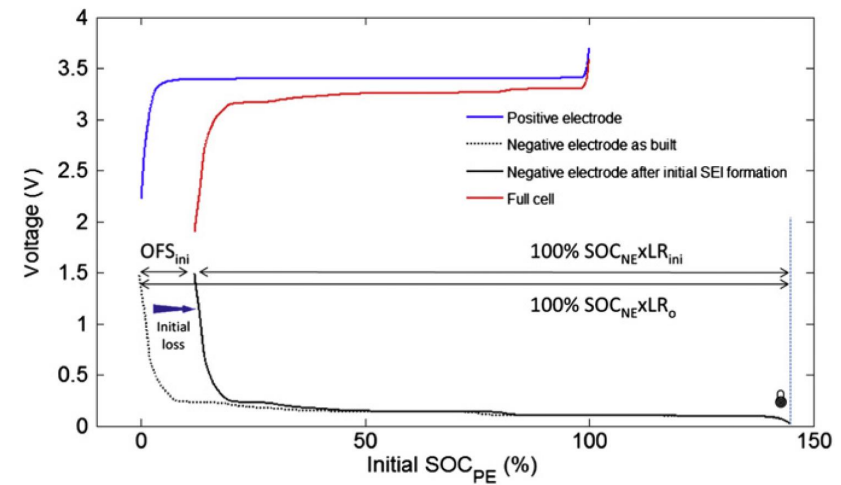


Fig. 4. Simulation of cell voltage as a function of SOC with the formation of the initial SEI layer.

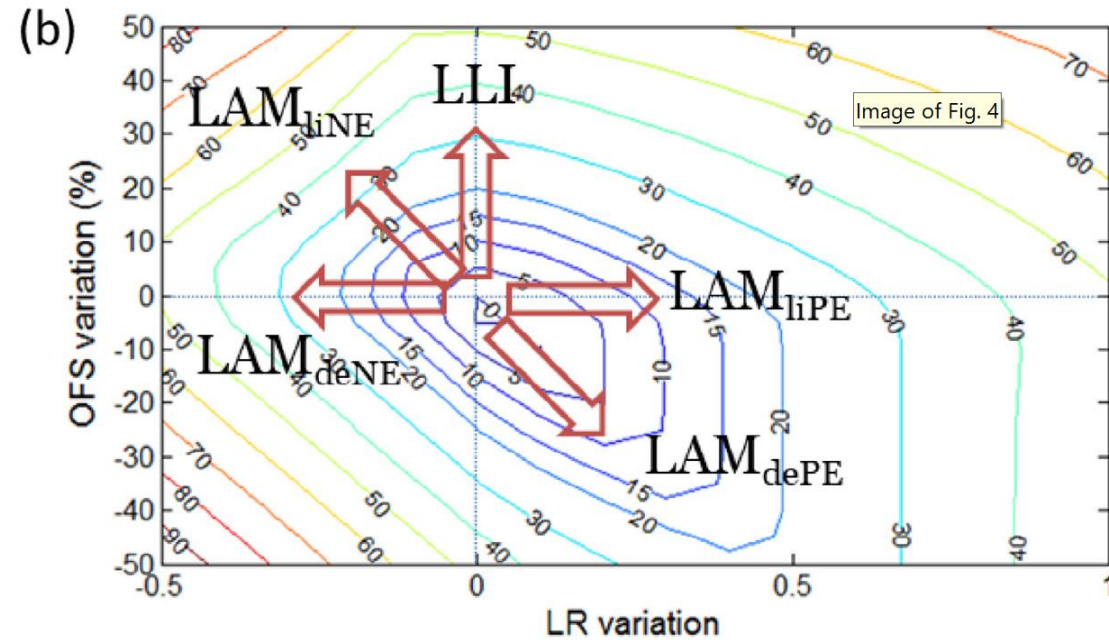
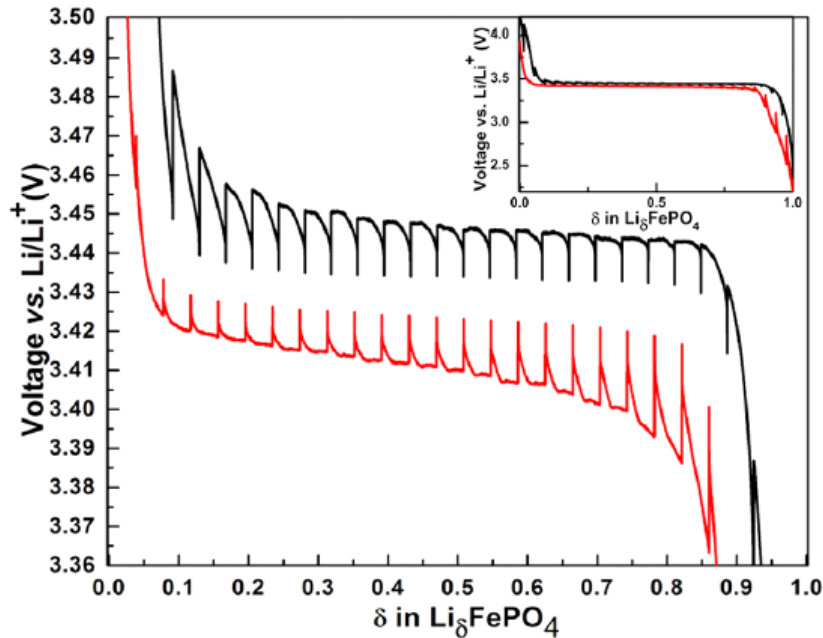


Fig. 4. (a) OCV relationship between full cell, PE and NE and (b) impact of changes of loading ratio (LR) and offset (OFS) on capacity loss.

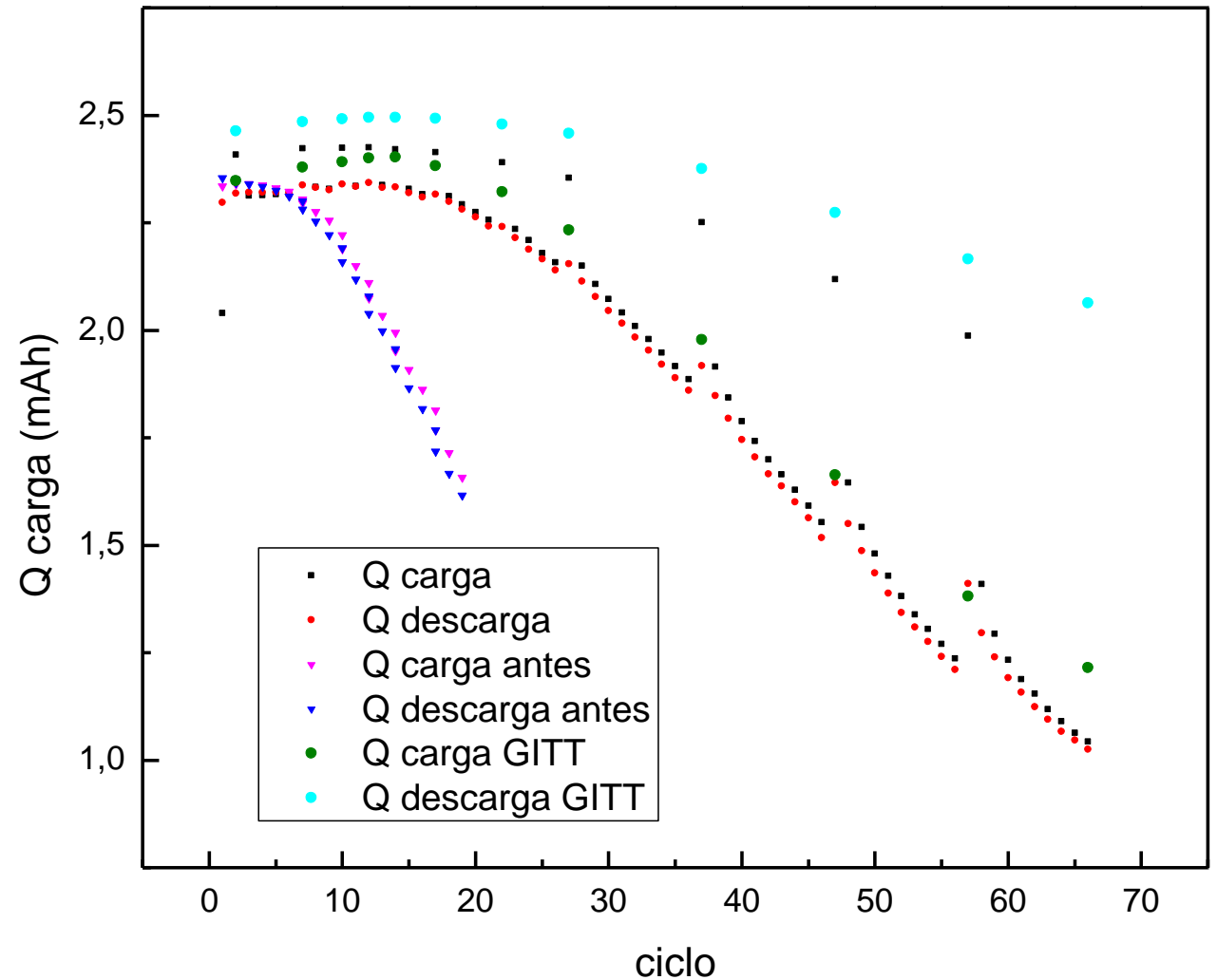
GITT



(b)

- Calcular el coeficiente de difusión
- La histéresis entre el OCV de carga y de descarga en una batería corresponde a la existencia de varios potenciales de equilibrio termodinámico en el mismo SoC de la celda.
- Se sabe que los electrodos positivos con LFP como material activo exhiben este fenómeno. Srinivasan y Newman proporcionaron una explicación para la histéresis basada en la existencia de una fase rica en litio y una fase deficiente en litio dentro de una partícula activa.
- El potencial químico del electrodo positivo será diferente en el mismo SoC dependiendo de la ruta tomada para llegar al SoC en particular.
- La intercalación de litio en el ánodo de grafito es un proceso complejo, que podría depender de la ruta y contribuir aún más a la histéresis.

- Se puede utilizar GITT para cuantificar los mecanismos de envejecimiento.
- Sin embargo, la larga duración de la prueba puede actuar como una barrera para su adopción en muchos otros estudios de investigación relacionados con la degradación donde GITT podría proporcionar información interesante para la identificación y cuantificación de los mecanismos de degradación.



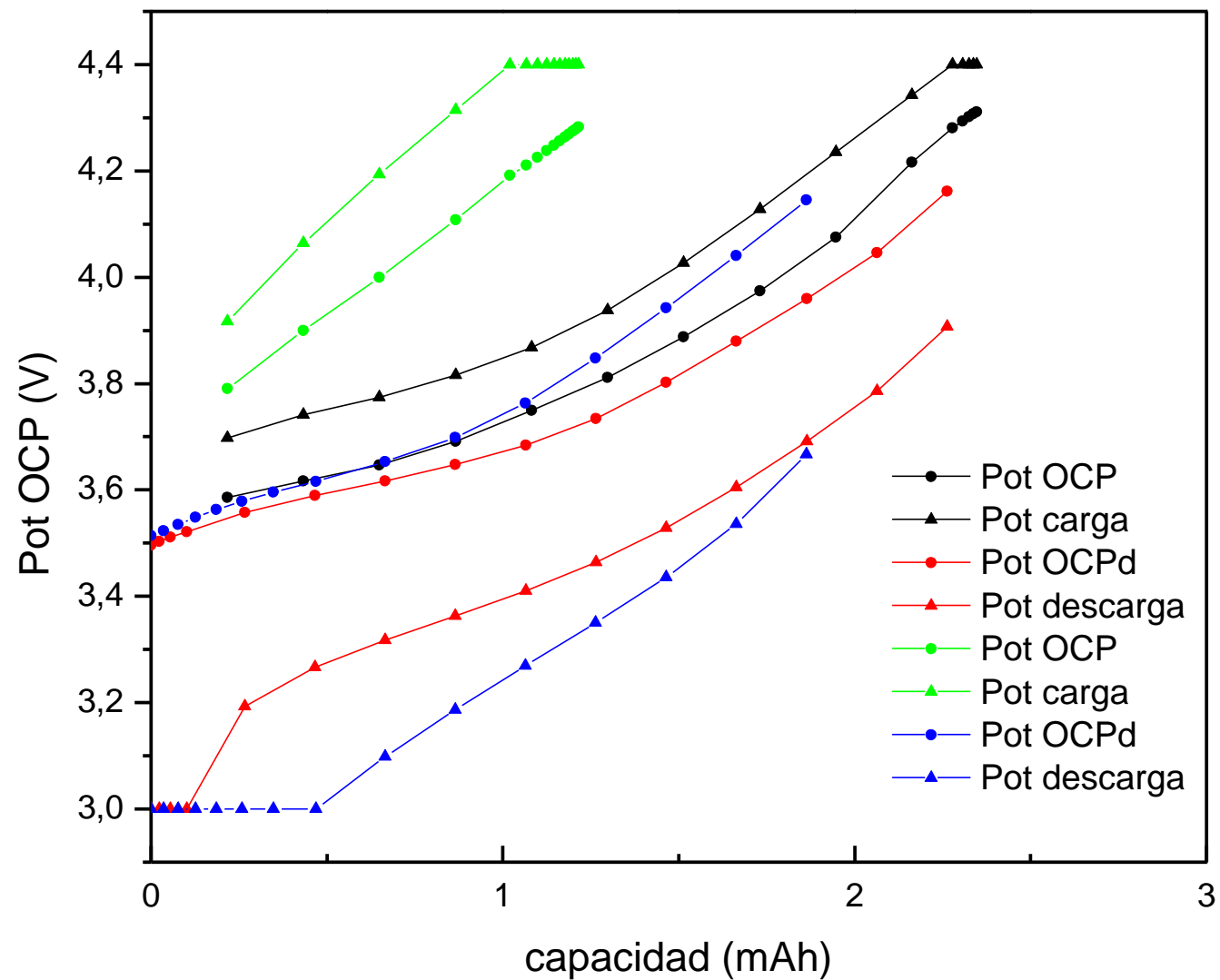
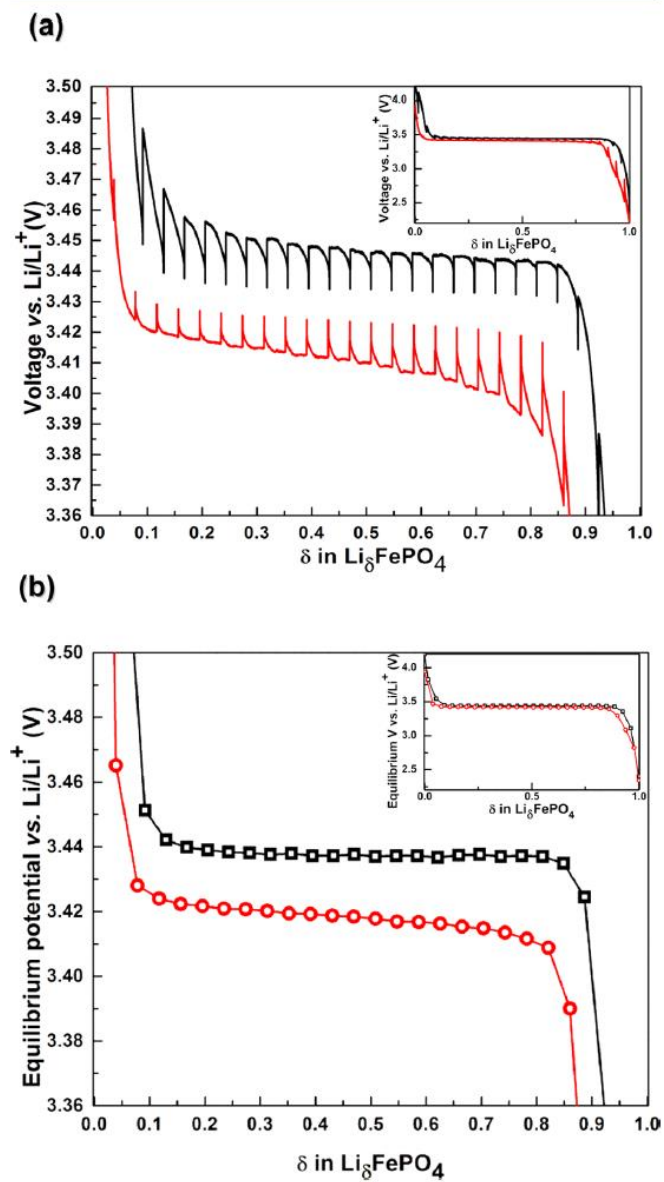
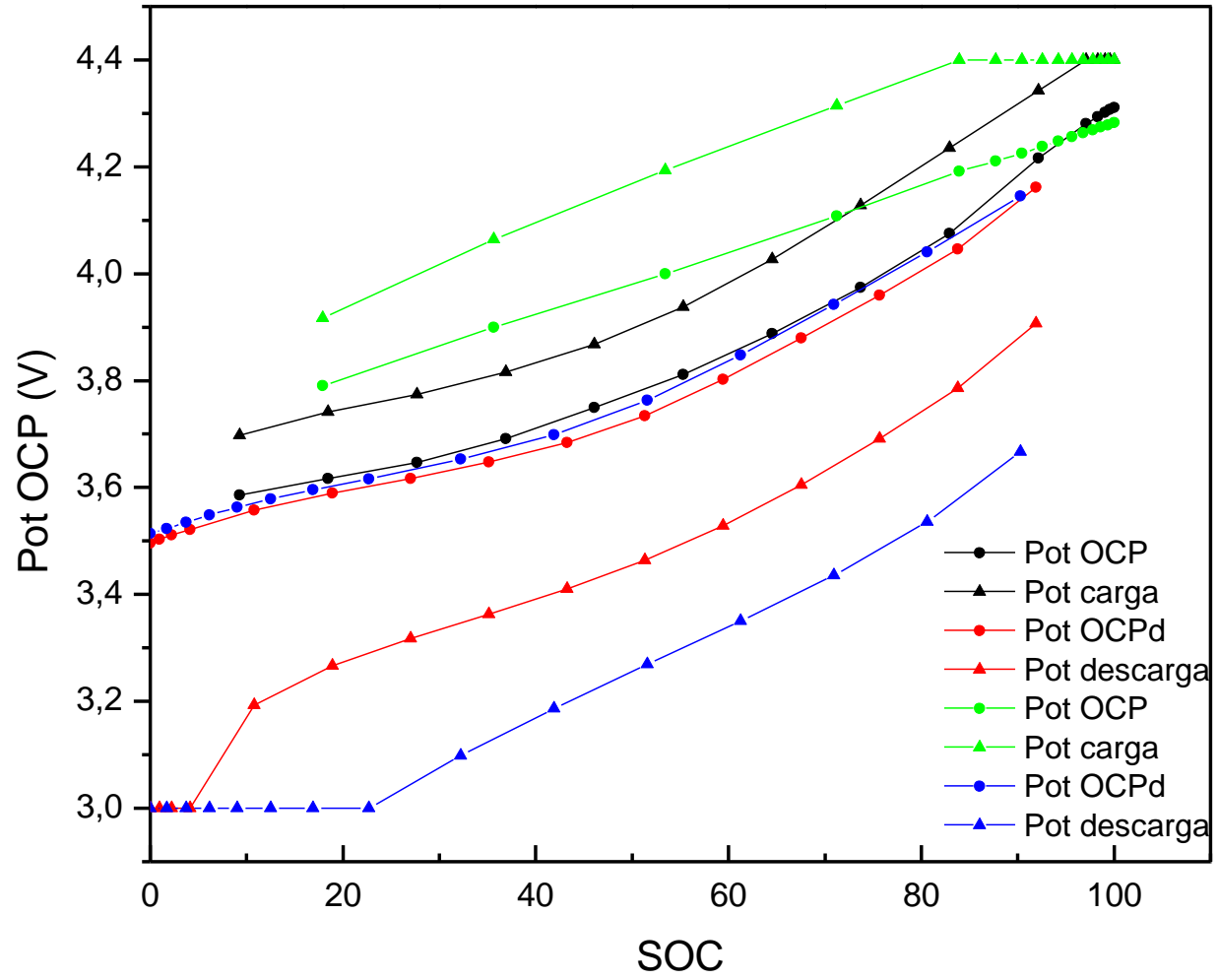


Figure 3. (a) Transient voltage response of LiFePO_4 during GITT. (b) Equilibrium potential of LiFePO_4 vs Li/Li^+ obtained from GITT.²⁶ Insets in panels a and b are the plots in full scale. Reproduced with permission from ref 26. Copyright 2010 American Chemical Society.



EMF: electromotive force

- El término EMF significa fuerza electromotriz.
- Se puede inferir a partir de datos termodinámicos y la ecuación de Nernst.
- Otro método con el que se puede obtener se llama interpolación lineal. Con este método, el potencial promedio de la batería, calculado al mismo SoC, se deduce de los potenciales de la batería durante dos ciclos consecutivos de descarga y carga utilizando las mismas corrientes y a la misma temperatura.

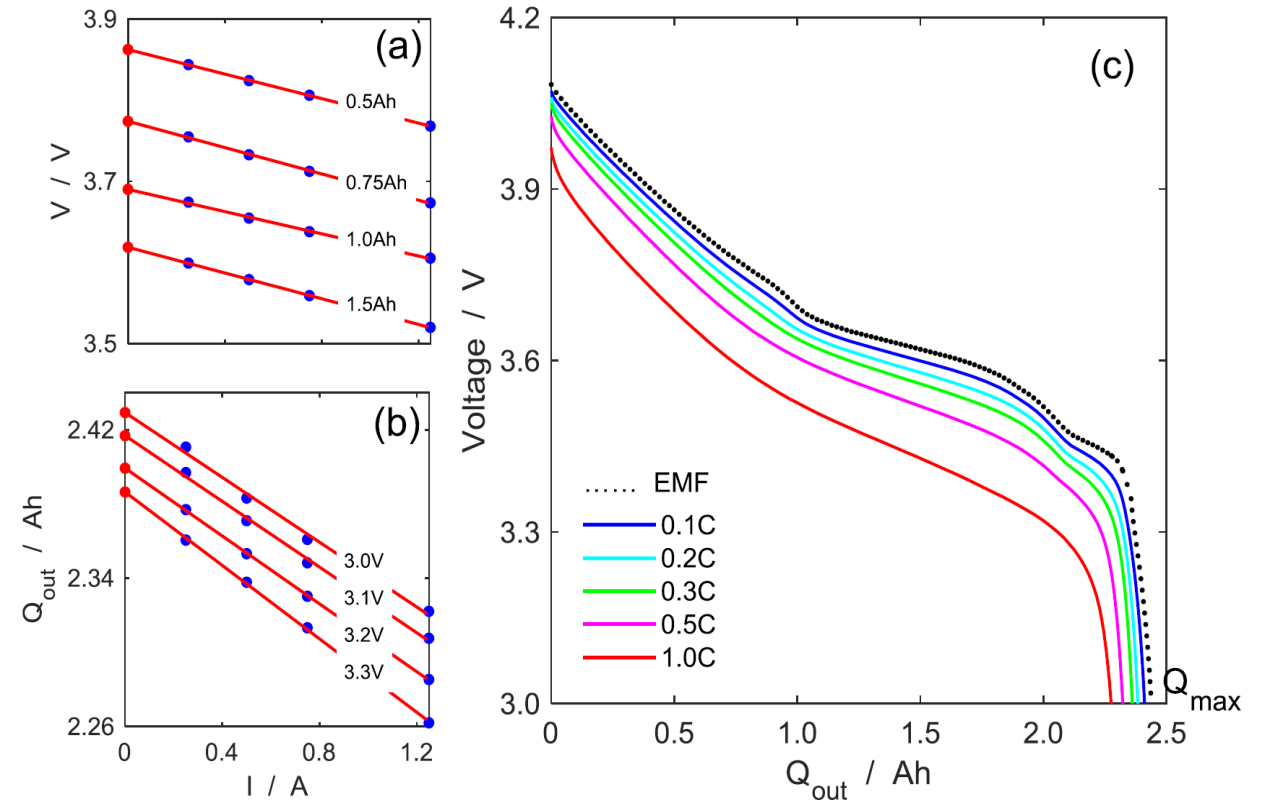
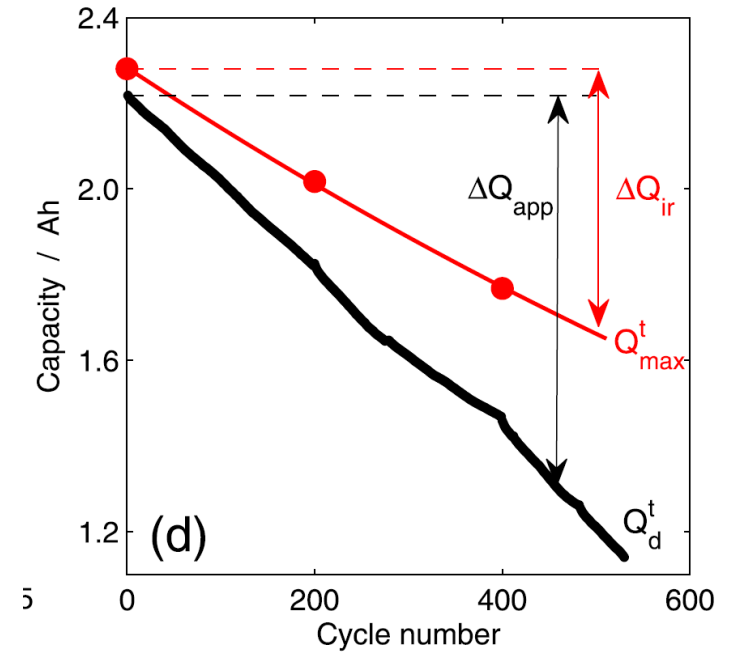
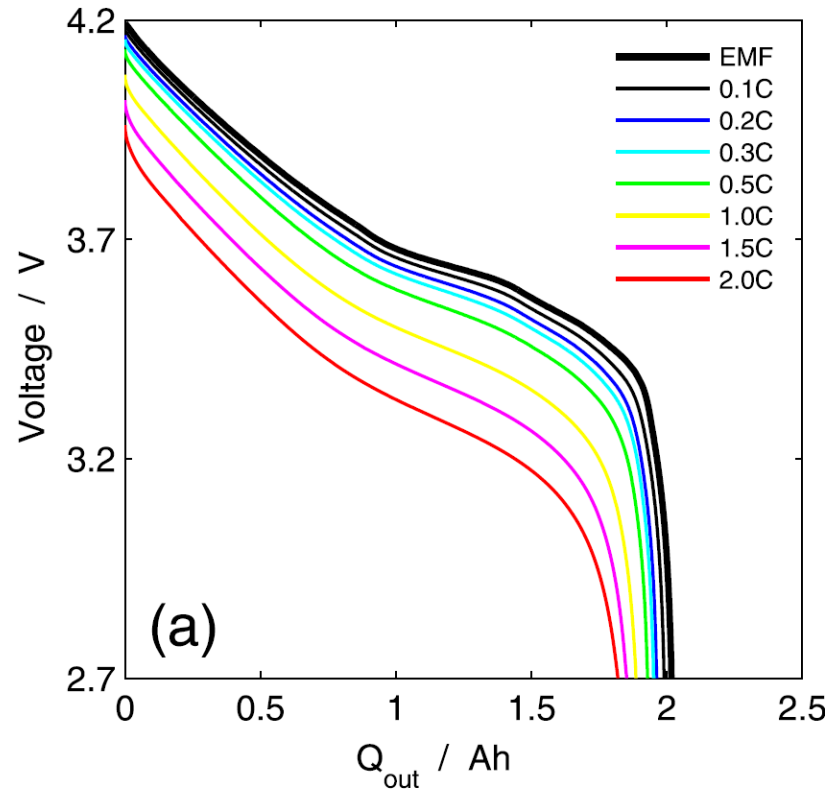
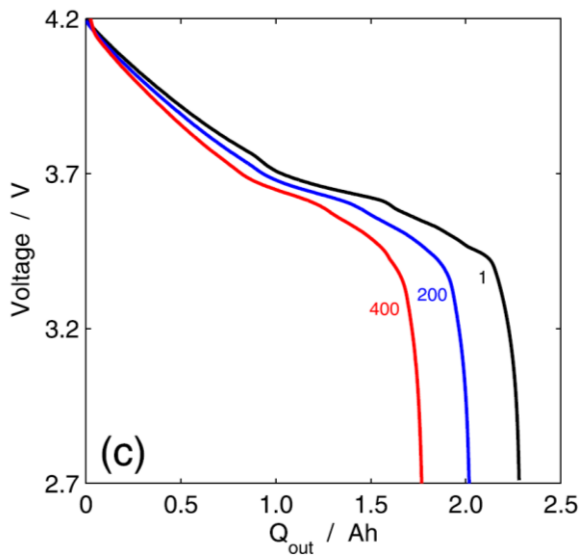
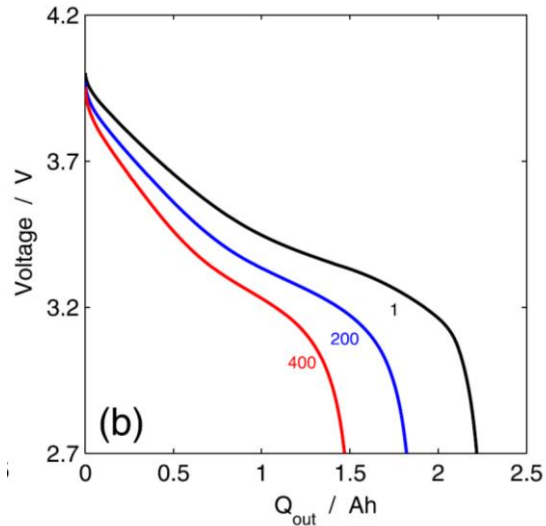


Fig. 1. (a) Battery voltage at various indicated discharge capacities as a function of discharge current (blue symbols) and corresponding voltages extrapolated to zero current (red symbols). (b) The battery capacities at various indicated discharge voltages as a function of discharge current (blue symbols) and the corresponding capacities extrapolated to zero current (red symbols). (c) Voltage discharge curves at various C-rates and extrapolated EMF curve (black dotted line). (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the Web version of this article.)



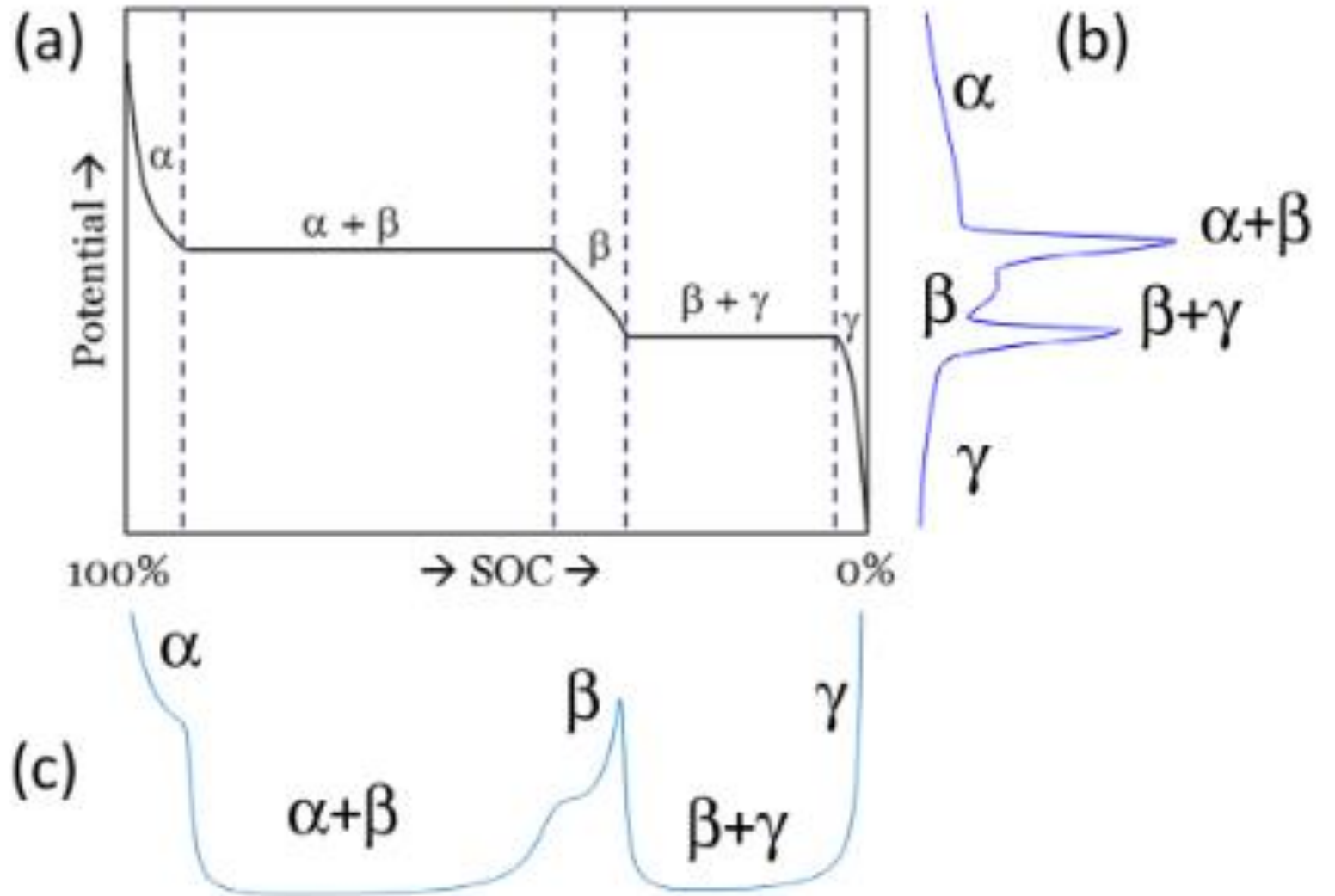
Pérdida de capacidad irreversible:

$$\Delta Q_{ir} = Q_{max}^0 - Q_{max}^t$$

Pérdida de capacidad aparente:

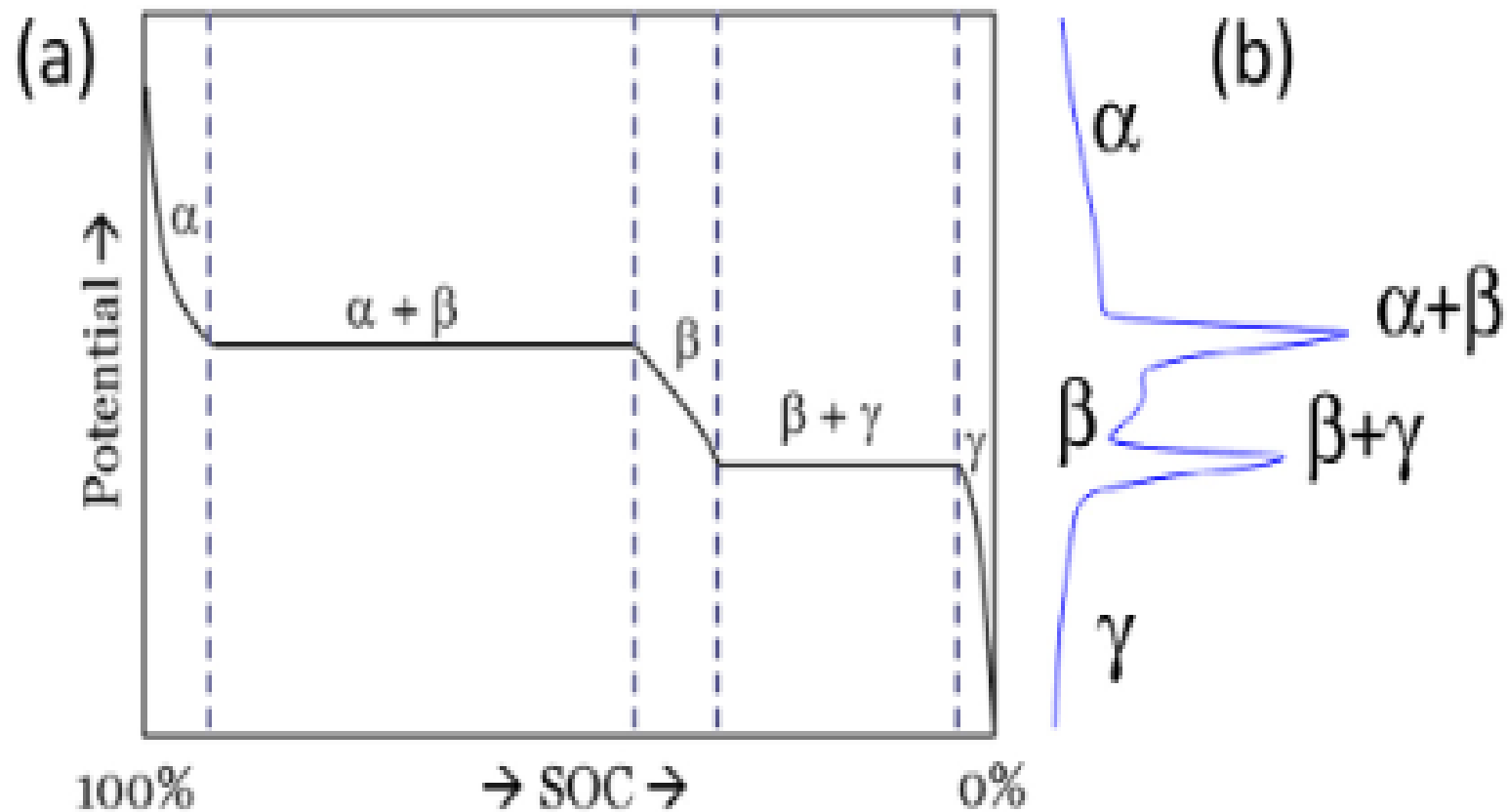
$$\Delta Q_{app} = Q_d^0 - Q_d^t$$

EVS: IC y DV



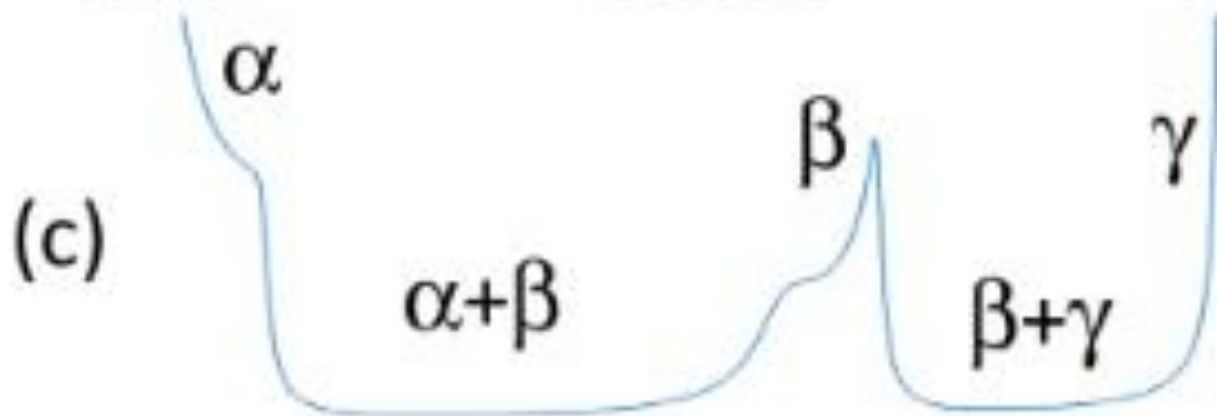
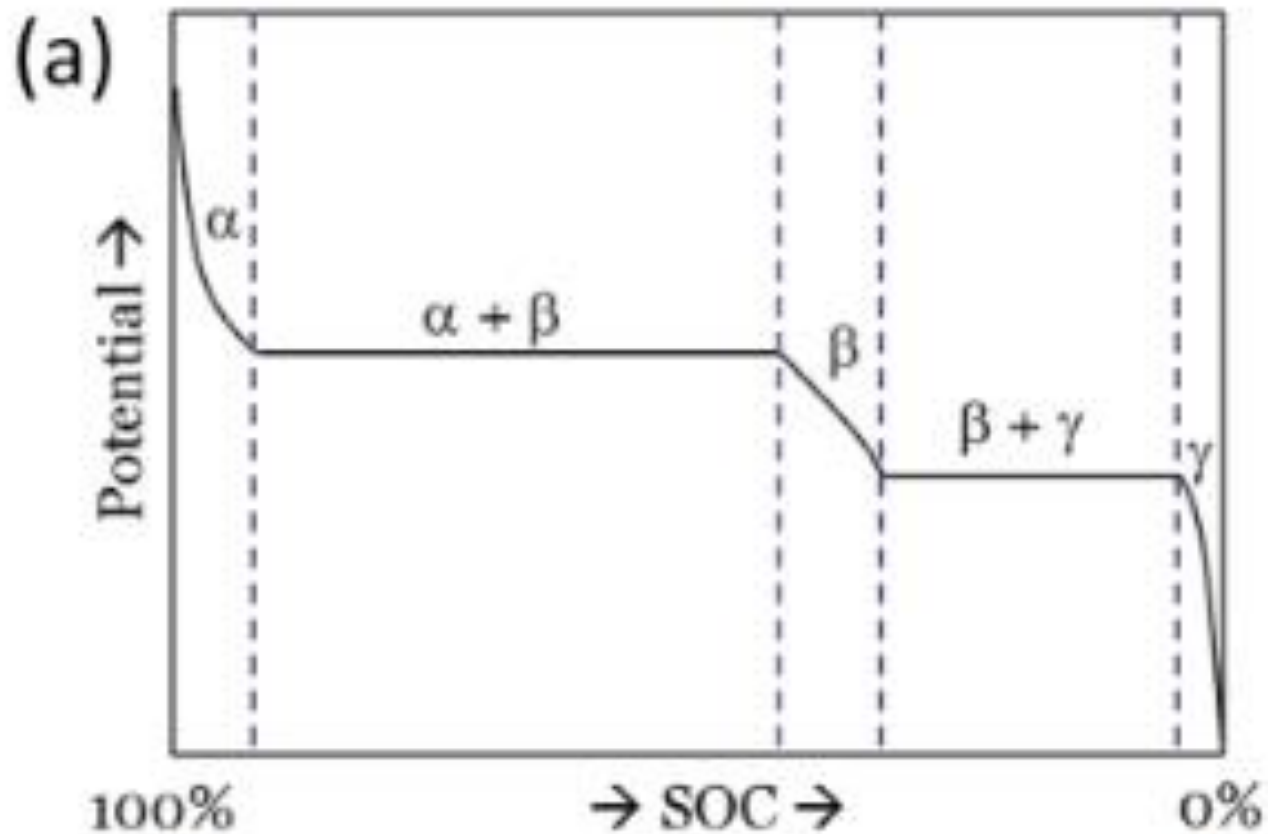
EVS: IC

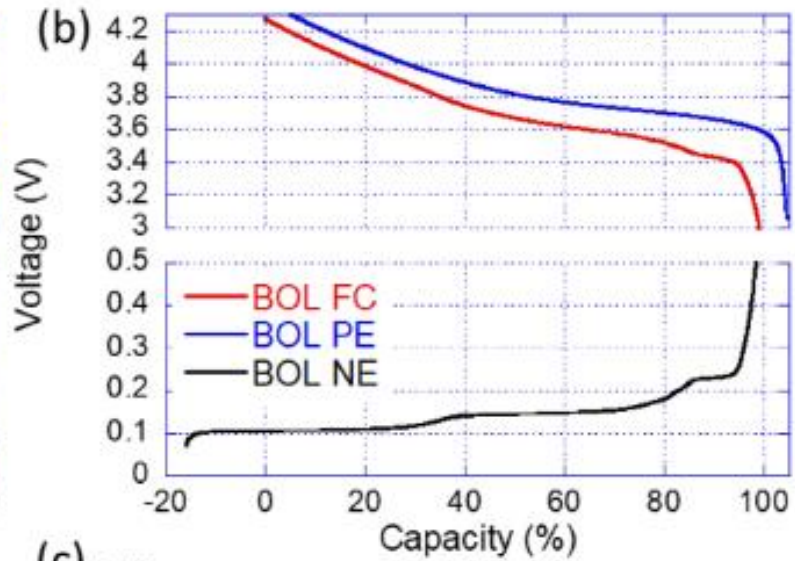
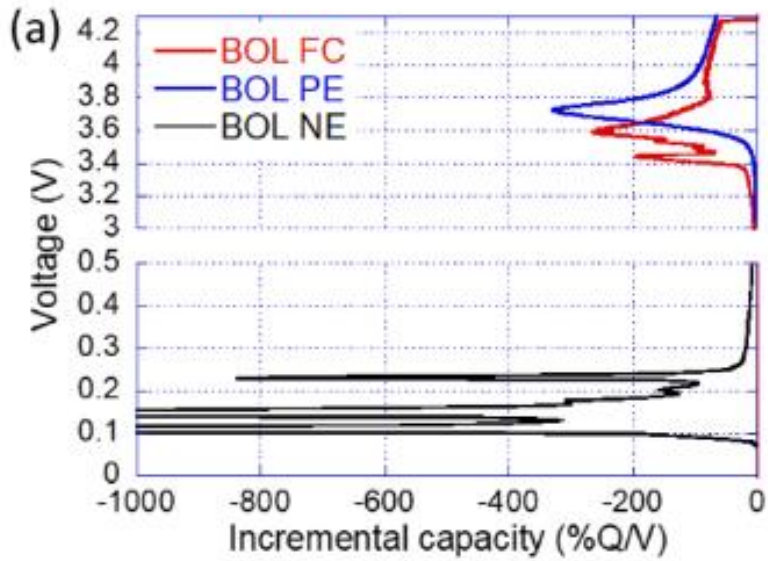
$$\left(\frac{dQ}{dV}\right)_{\text{cell}}$$



EVS: DV

$$\left(\frac{dV}{dQ}\right)_{\text{cell}} =$$

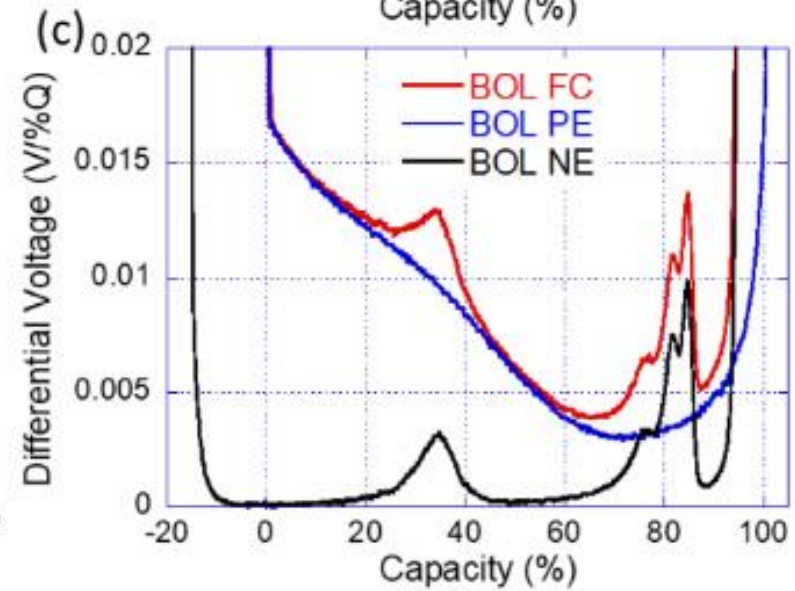




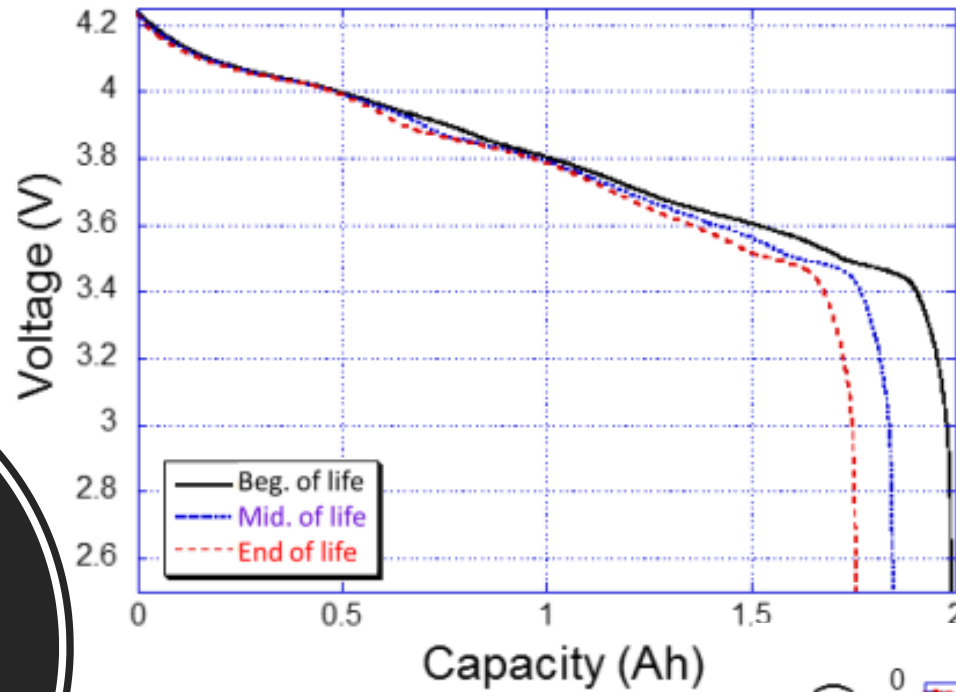
$$\left(\frac{dQ}{dV}\right)_{\text{cell}} = \frac{1}{(dV/dQ)_{\text{cathode}} - (dV/dQ)_{\text{anode}}}$$

(d)

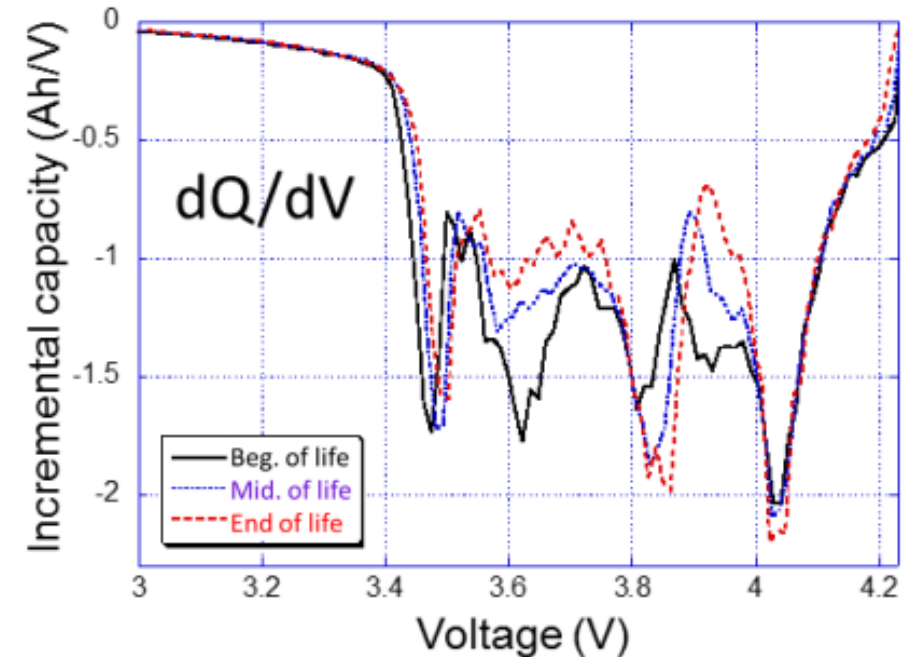
$$\left(\frac{dV}{dQ}\right)_{\text{cell}} = \left(\frac{dV}{dQ}\right)_{\text{cathode}} - \left(\frac{dV}{dQ}\right)_{\text{anode}}$$



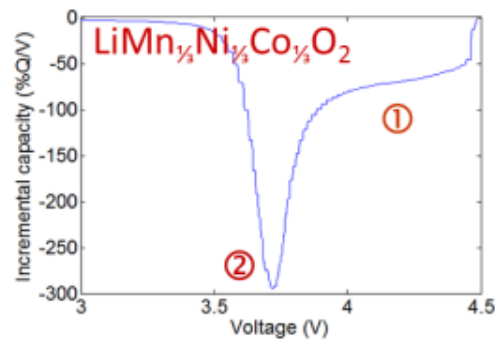
Modos de degradación:
Curvas de Voltaje:
información termodinámica



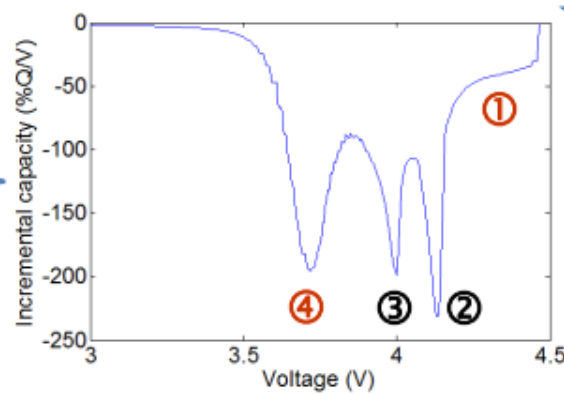
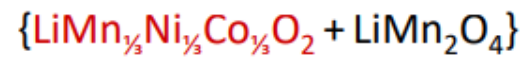
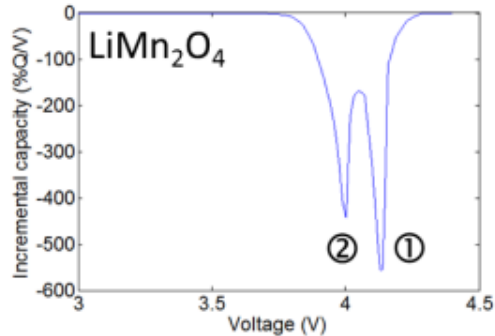
Derivadas: Magnifican los cambios en la evolución de la curva de voltaje



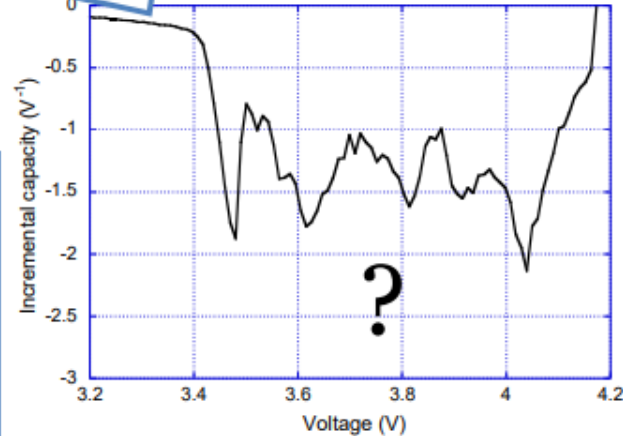
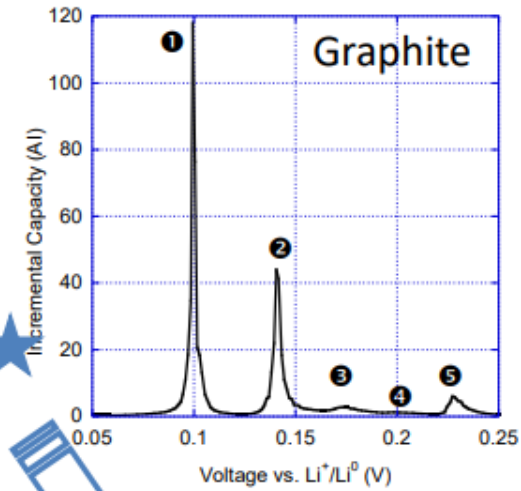
Análisis de capacidad incremental

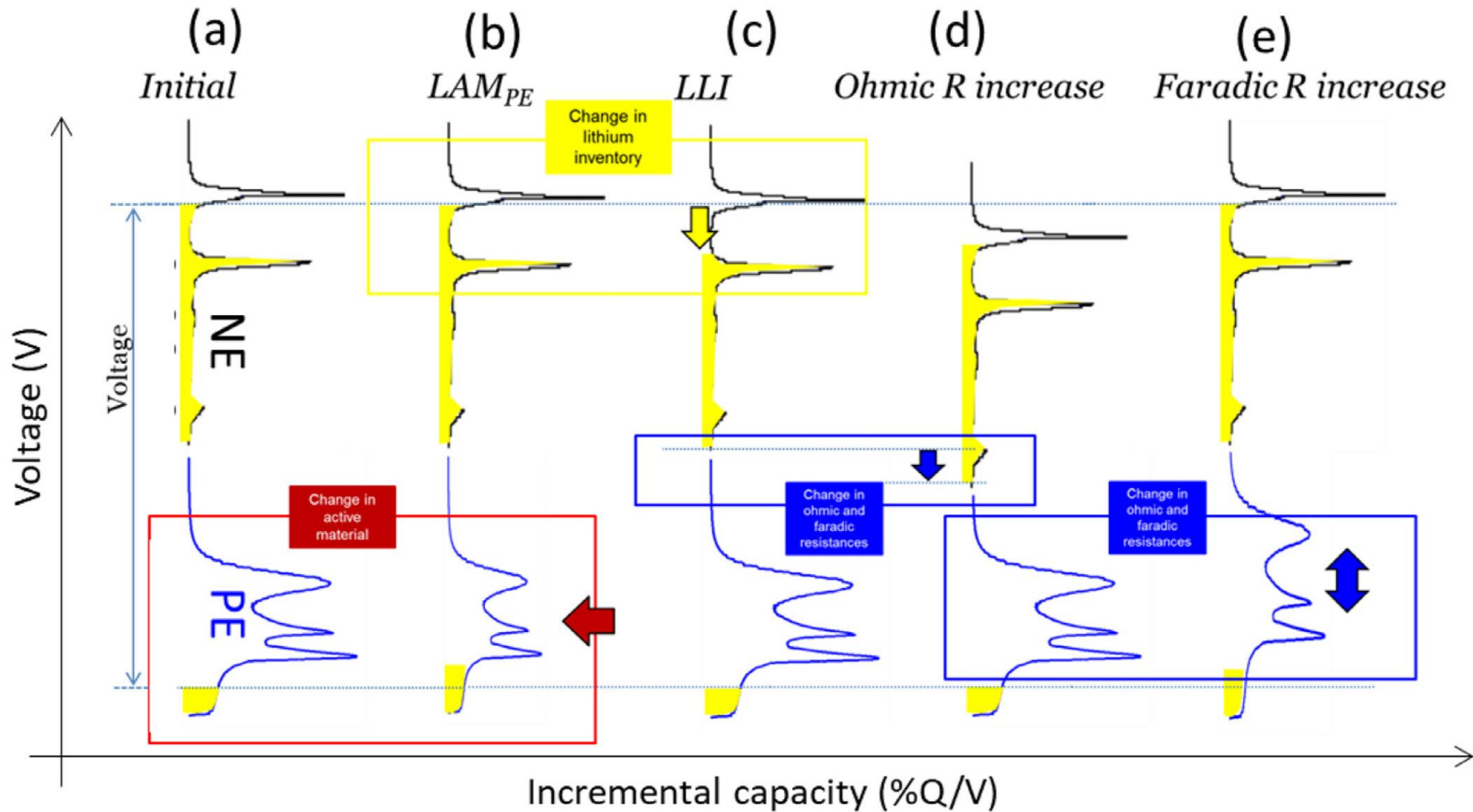


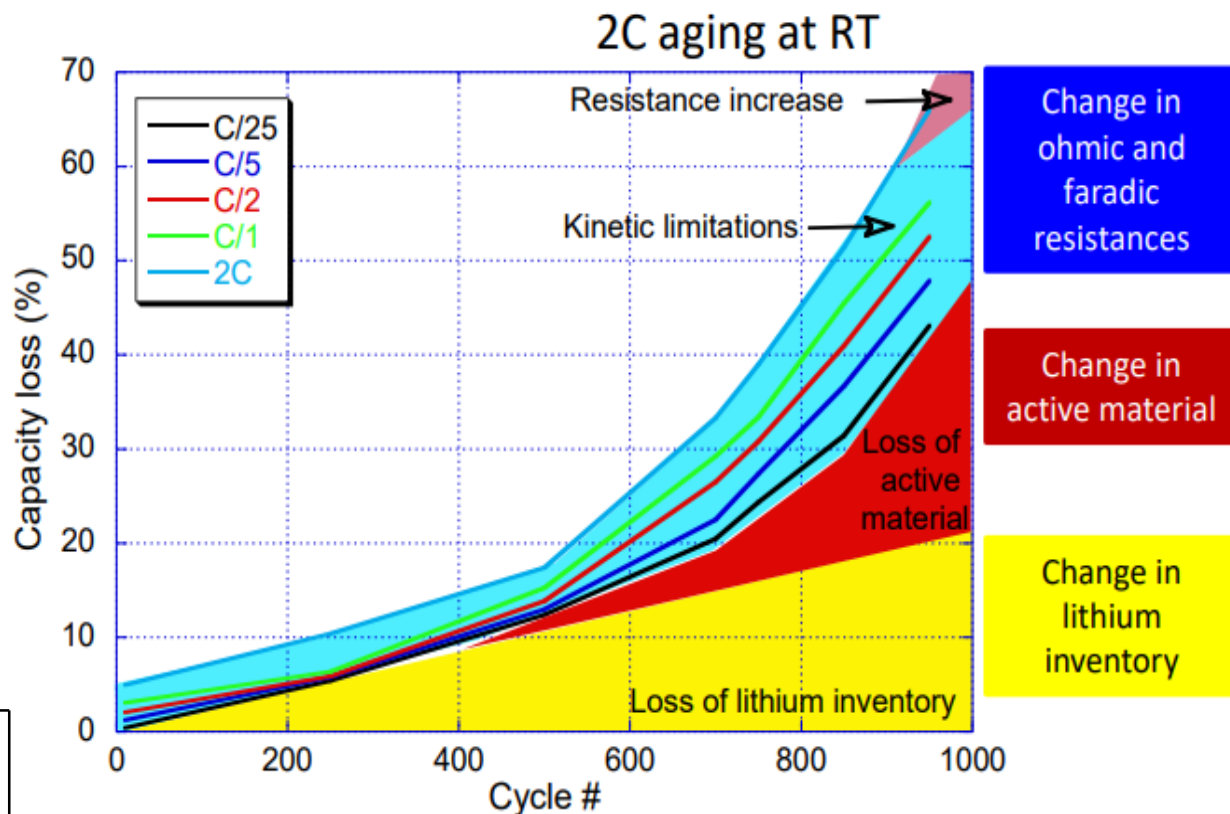
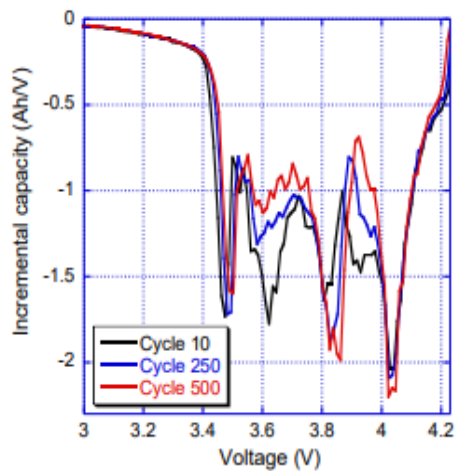
+



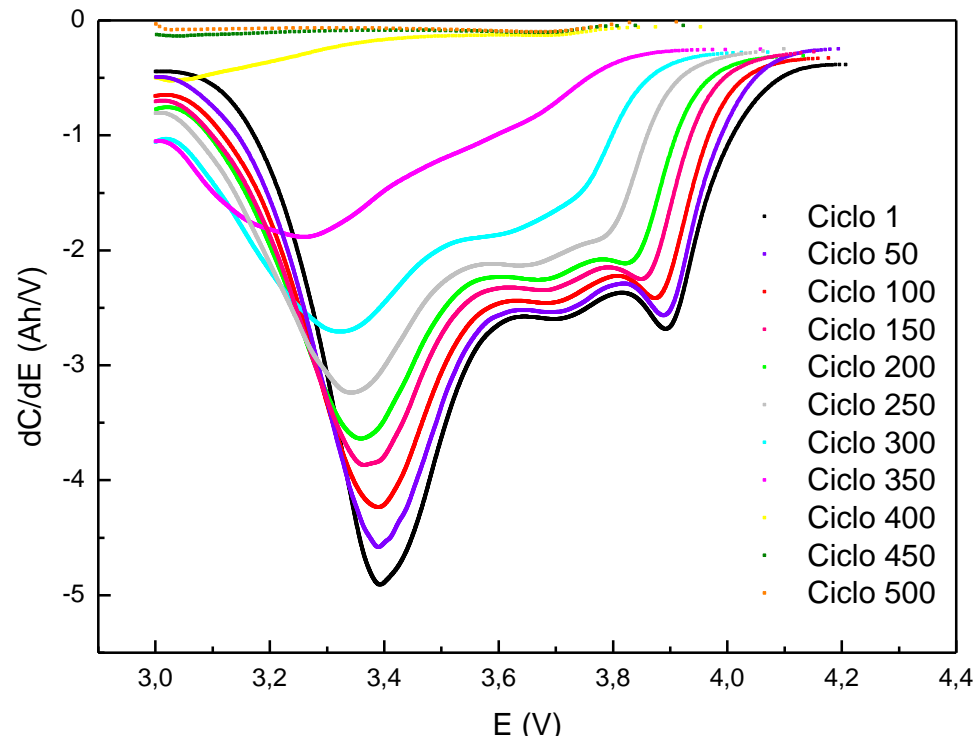
Configuración de media celda vs celda completa:
Alta complejidad







M. Dubarry et al. *J. Power Sources*, **196** (2011), 10336
M. Dubarry et al. *J. Power Sources*, **196(7)** (2011), 3420
M. Dubarry et al. *J. Power Sources*, **194** (2009), 551



$$Z = \frac{E(t)}{I(t)} = \frac{E_0 \sin(\omega t)}{I_0 \sin(\omega t + \phi)} = Z_0 \frac{\sin(\omega t)}{\sin(\omega t + \phi)}$$

$$|Z(\omega)| = \sqrt{\text{Re}(Z(\omega))^2 + \text{Im}(Z(\omega))^2}$$

$$\phi(\omega) = \tan^{-1} \frac{\text{Re}(Z(\omega))}{\text{Im}(Z(\omega))}$$

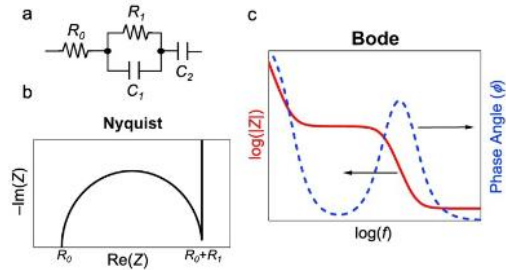
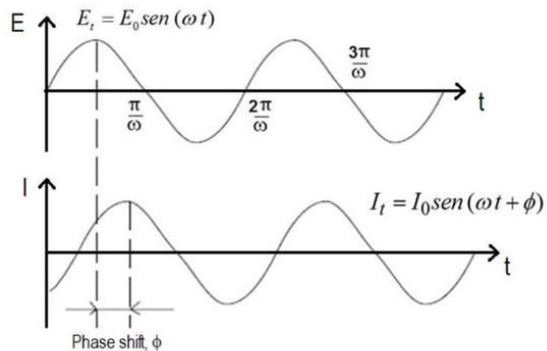
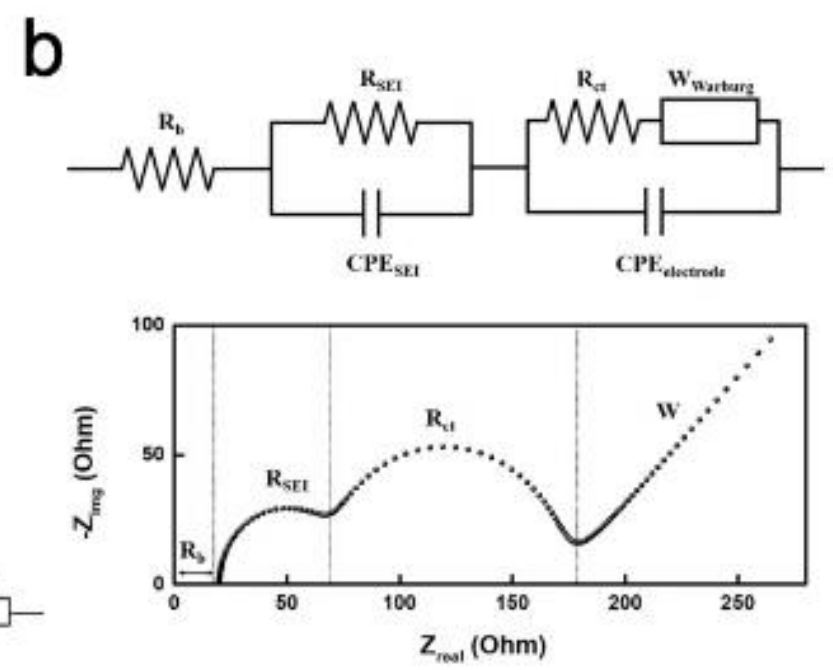
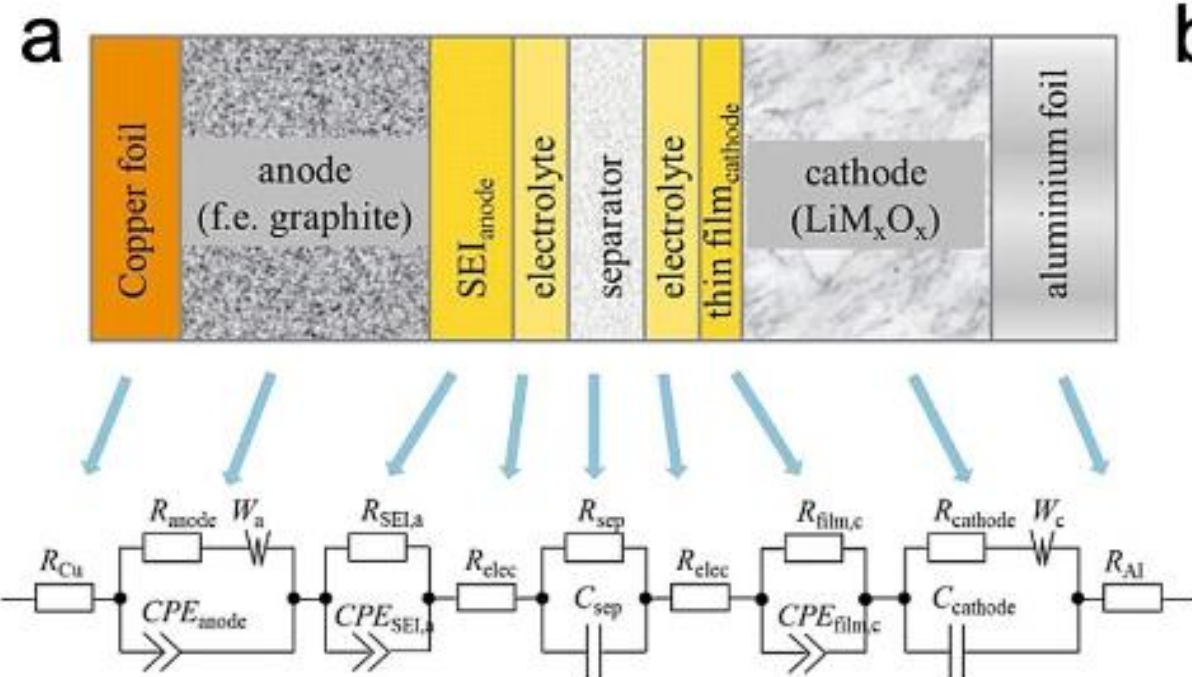
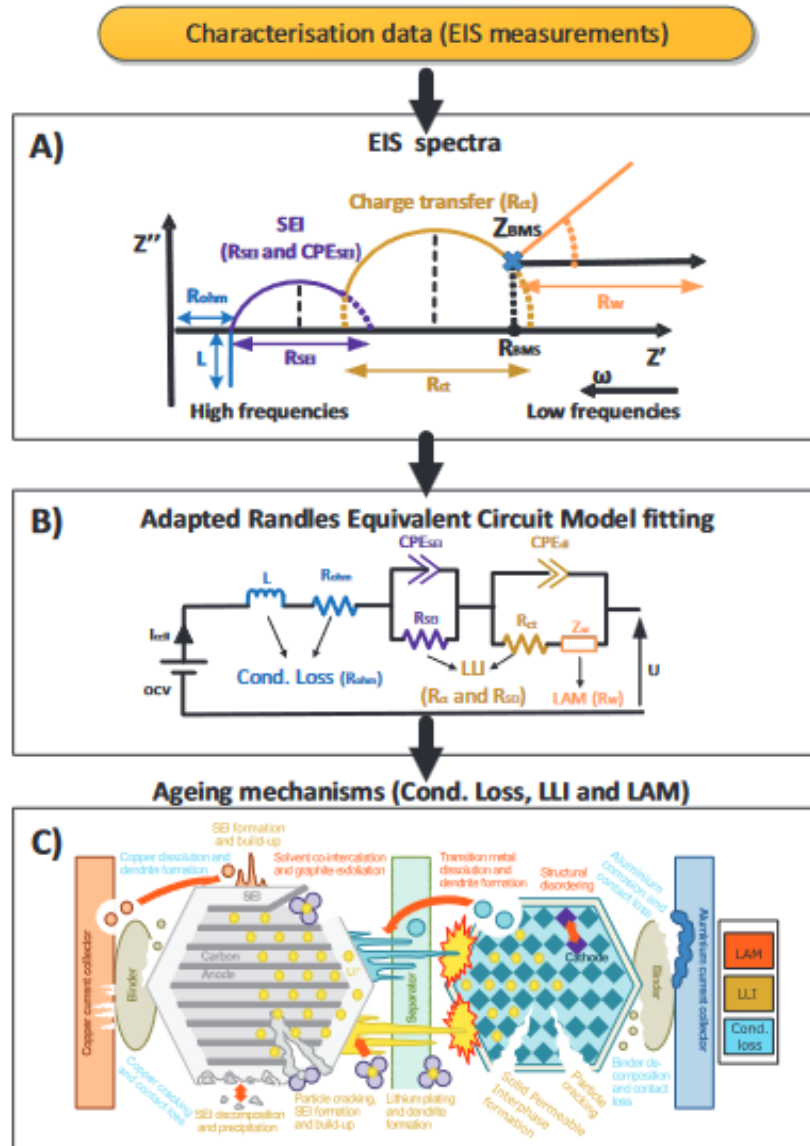


Figure 2. a) Equivalent circuit for single electron transfer and ion migration in the electrolyte. b) Nyquist plot of the real impedance against the imaginary impedance showing the resistance for the electrolyte. c) Bode plot of the magnitude of the impedance and phase angle against frequency.

Espectroscopía de Impedancia Electroquímica: EIS







R [Ω]	Ageing mechanism	Ageing mechanism root cause
R_{ohm}	Cond. loss	Copper dissolution dendrite formation. Copper cracking and contact loss. Aluminium corrosion and contact loss. Binder decomposition and contact loss.
R_{SEI} and R_{ct}	LLI	SEI formation and build-up. SEI decomposition and precipitation. Solid permeable interphase formation. Particle cracking, pore clogging and particle disconnection.
R_W	LAM	Solvent co-intercalation and graphite exfoliation. Transition metal dissolution and dendrite formation. Structural disordering.

