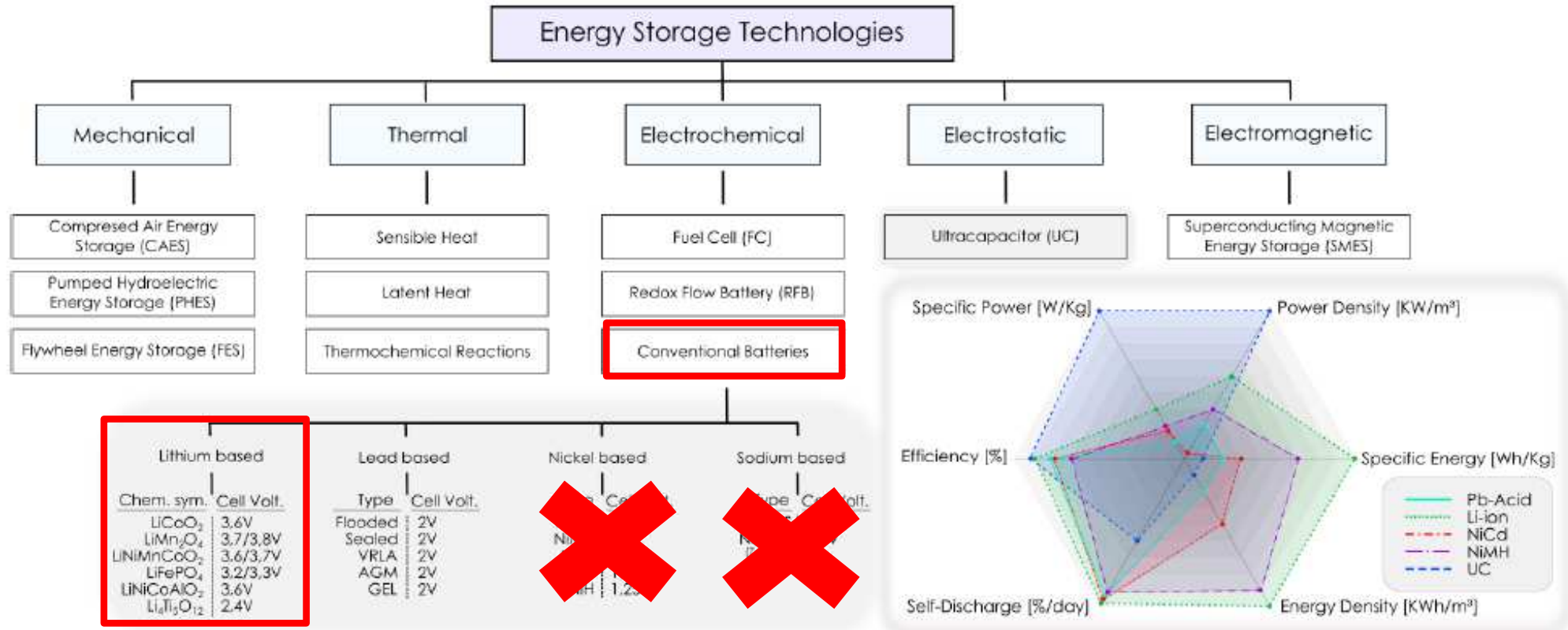


# **Baterías de iones de litio - aspectos generales**

- Tecnología de iones de litio
  - Mapa de sistemas de almacenamiento de energía.
  - Composición de las celdas
  - Principio de funcionamiento de las celdas.
  - ¿Tenemos buenas químicas? Ánodos, cátodos y electrolitos.
  - ¿Cuál es el cátodo perfecto?
  - Factores de forma: celdas prismáticas, cilíndricas y pouch
  - Estructura de la industria de las baterías
  - ¿Cómo fabricamos baterías? Fabricación de baterías
  - Degradación de las baterías de iones de litio
  - Seguridad
- Resumen
- Bibliografía

# Mapa de sistemas de almacenamiento de energía.



# Composición de las celdas

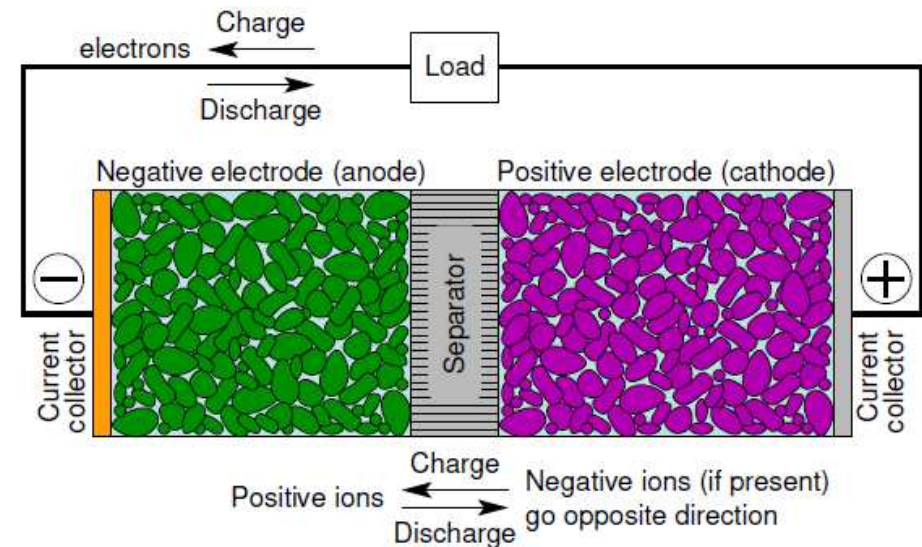
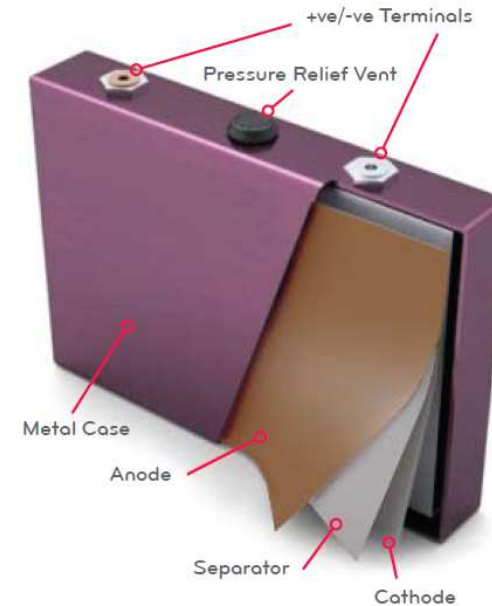
**Electrodo positivo:** el cátodo puede estar fabricado con diferentes óxidos metálicos de litio que dan nombre a la tecnología, por ejemplo LFP.

**Electrodo negativo:** el ánodo suele estar fabricado de un material de carbono/grafito.

**Separador:** capa microporosa encargada de evitar un cortocircuito entre electrodos.

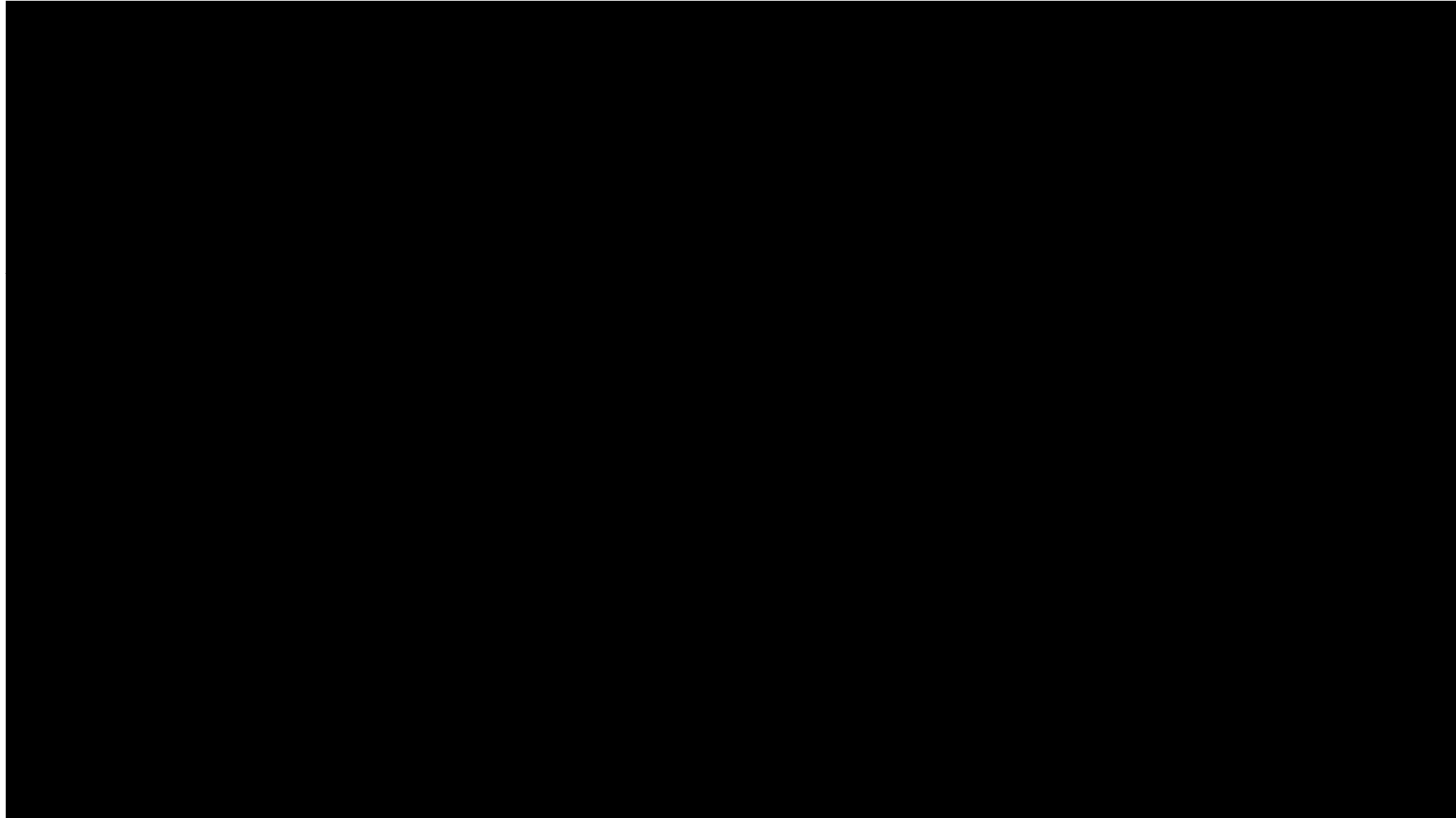
**Electrolito:** permite el movimiento de iones entre electrodos.

**Colectores de corriente:** permiten el movimiento de electrones entre electrodos.



<http://mocha-java.uccs.edu/ECE5710/index.html>

# Composición de las celdas



<https://www.youtube.com/watch?v=kqR7MihP5k4>

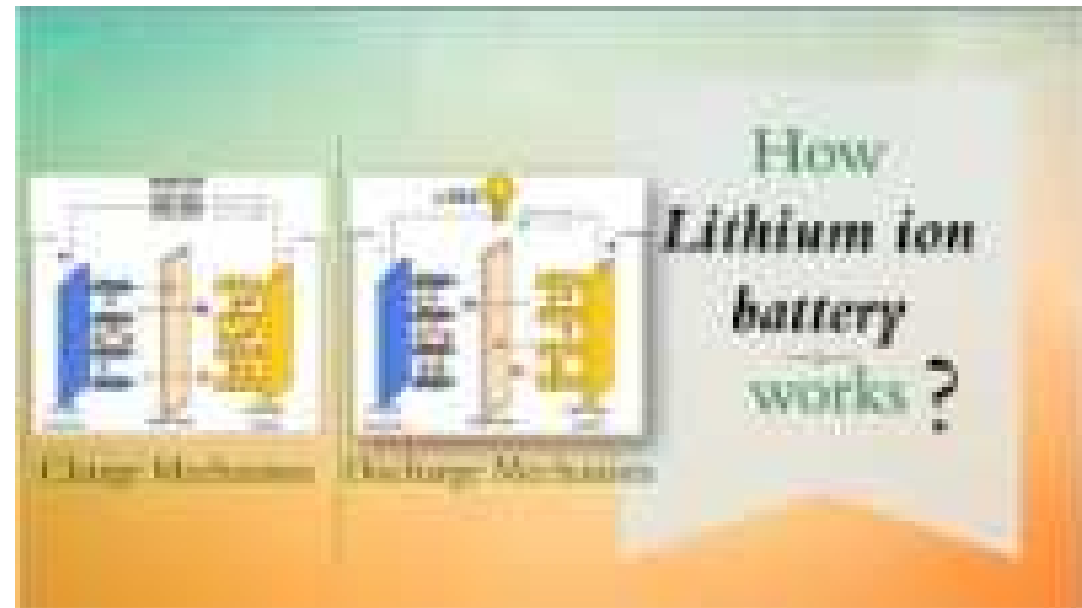
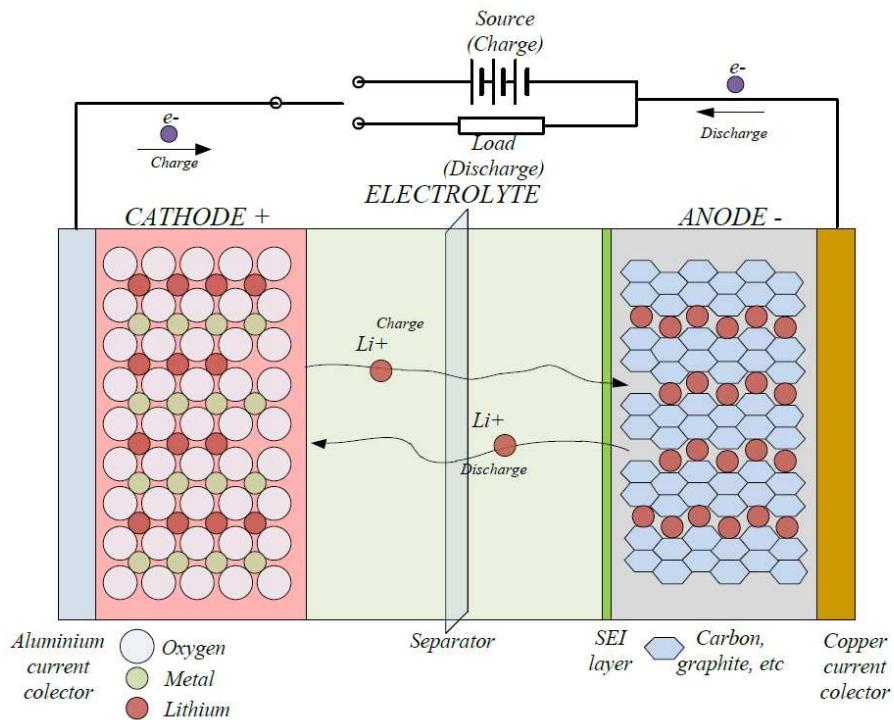
# Principio de funcionamiento de las celdas.

## Descargar

El ánodo cede electrones y se oxida, y el cátodo se reduce.

## Cargar

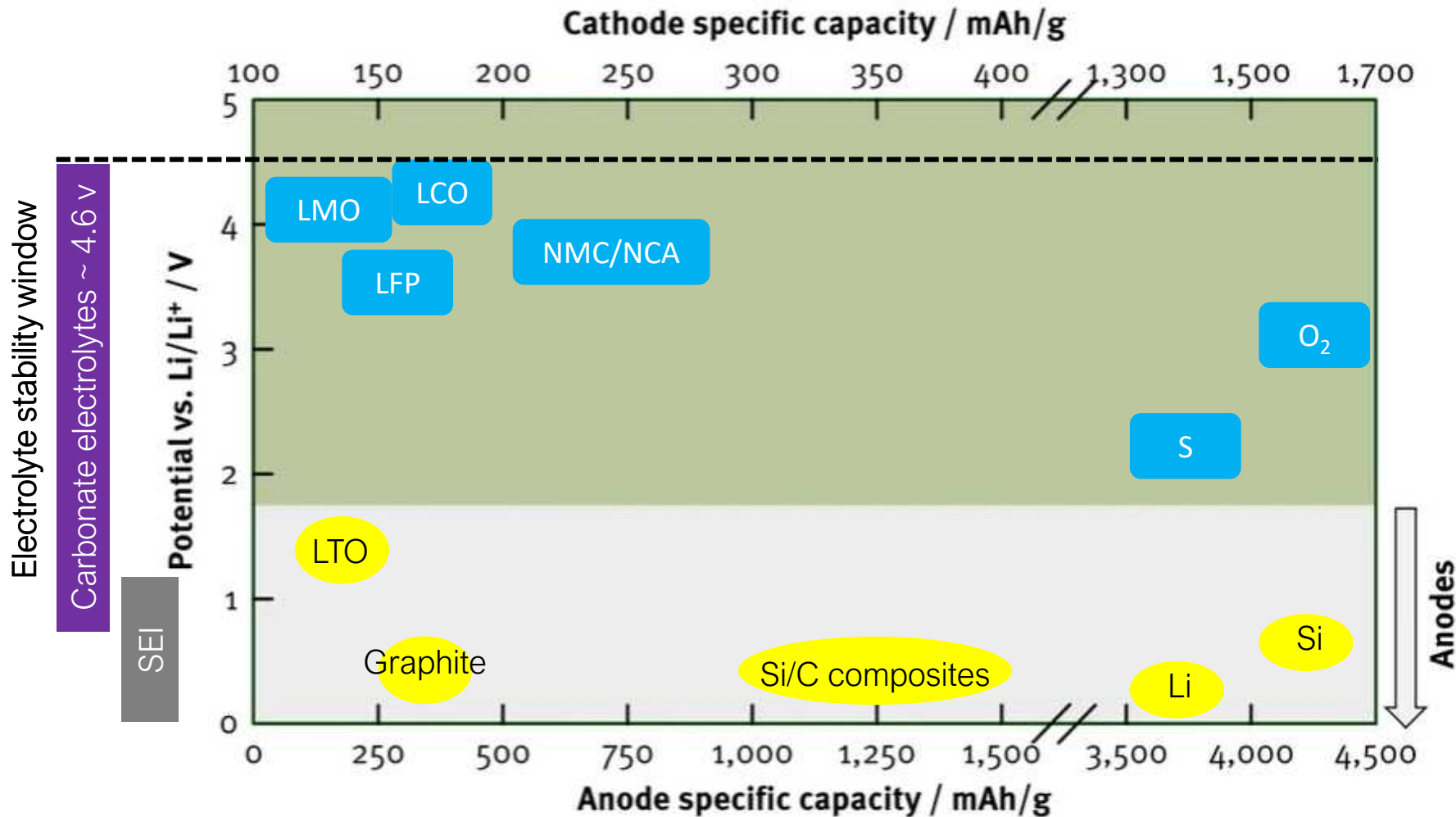
El ánodo se reduce y el cátodo se oxida, cediendo electrones.



<https://www.youtube.com/watch?v=YFd0kb9Nwt0&t=96s>

# ¿Tenemos buenas químicas? Ánodos, cátodos y electrolitos.

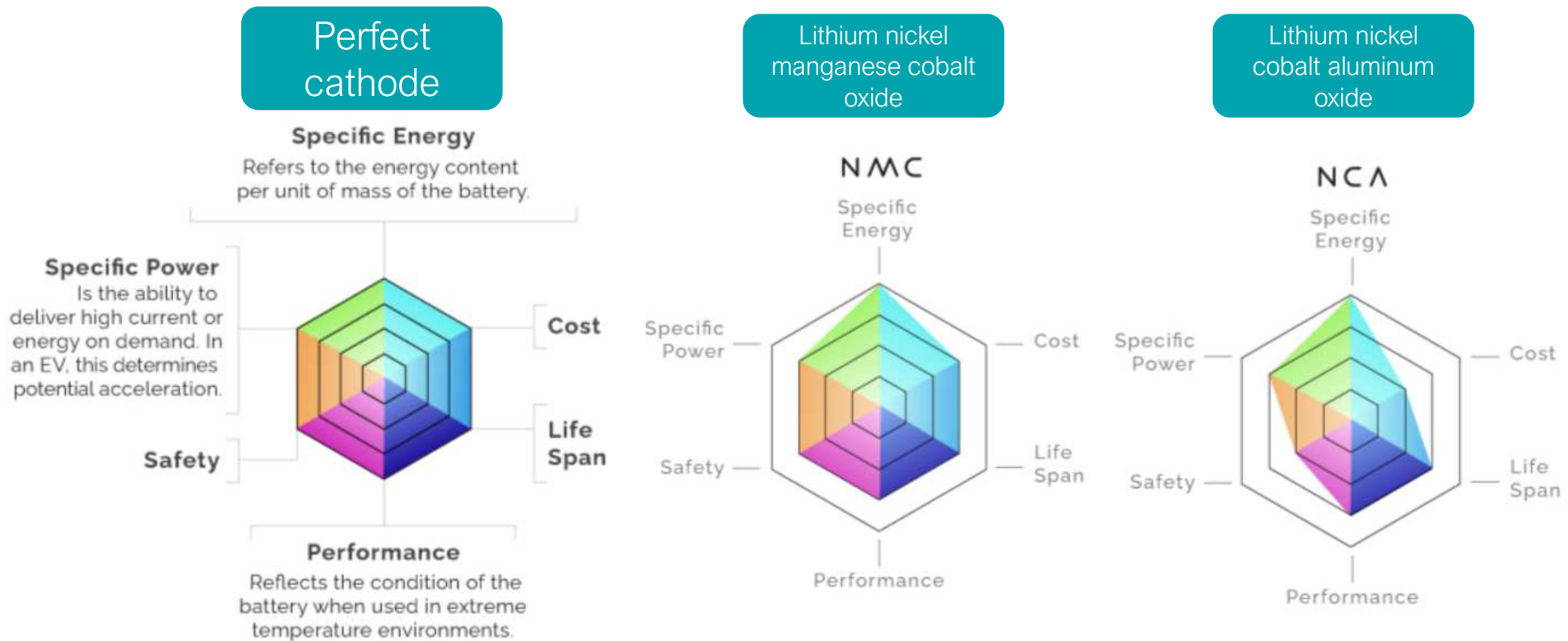
- Ánodo o negativo
  - Bajo voltaje y alta capacidad.
- Cátodo o positivo
  - Alto voltaje y alta capacidad.
- Electrólito
  - Gran ventana de estabilidad
  - Todos los materiales
  - Barato y producido en masa.



<https://www.youtube.com/watch?v=DBLHaLhyo2w>

# ¿Cuál es el cátodo perfecto?

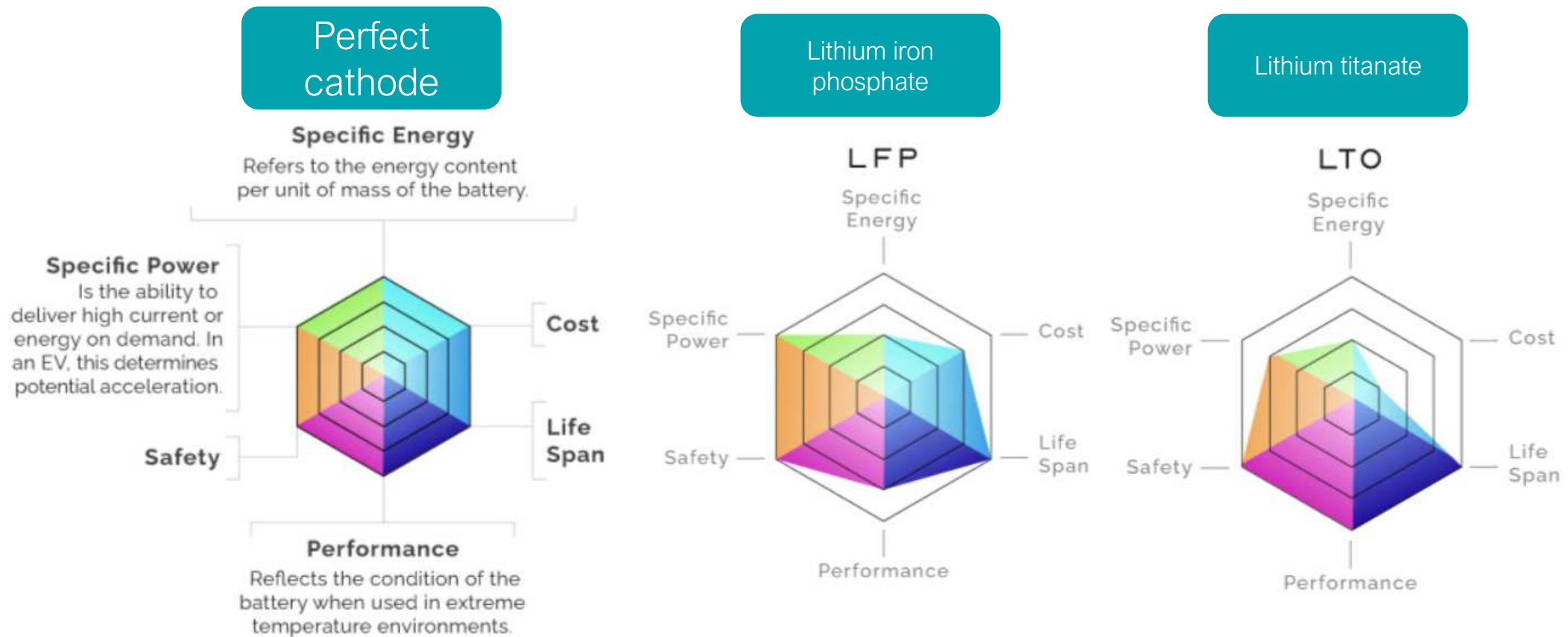
<https://elements.visualcapitalist.com/the-six-major-types-of-lithium-ion-batteries/>





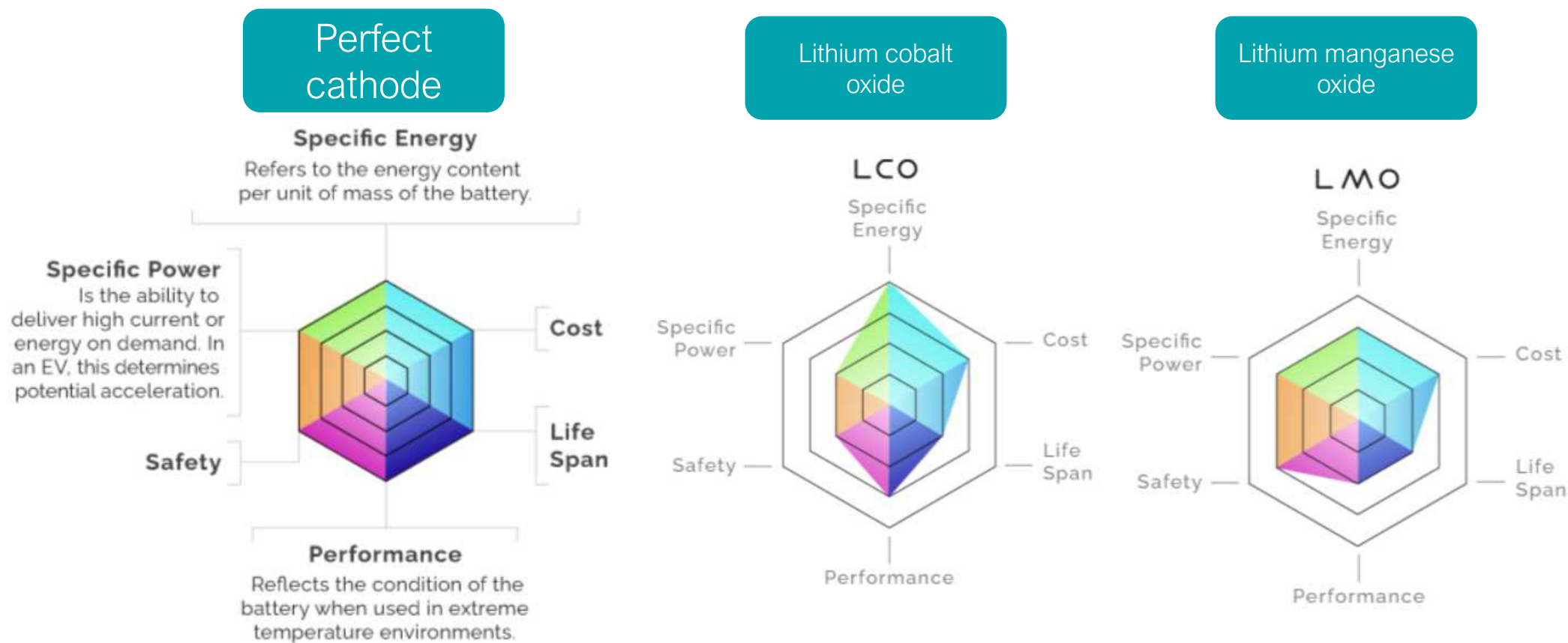
# ¿Cuál es el cátodo perfecto?

<https://elements.visualcapitalist.com/the-six-major-types-of-lithium-ion-batteries/>



# ¿Cuál es el cátodo perfecto?

<https://elements.visualcapitalist.com/the-six-major-types-of-lithium-ion-batteries/>



# ¿Cuál es el cátodo perfecto?

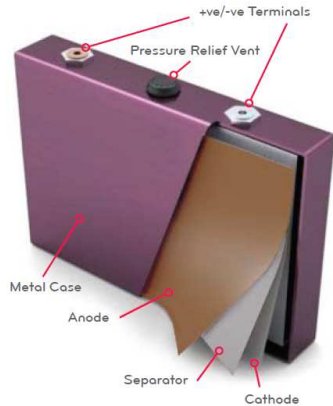
## RESUMEN

- **NCA** y especialmente **NMC** se utilizan cuando lo más importante es la **densidad de energía** . Hoy en día, los vehículos eléctricos suelen utilizar este material catódico en sus coches.
- **LFP** se utiliza cuando la **densidad de energía** no es tan importante pero se desea aumentar **la seguridad, la vida útil y la capacidad de dar potencia**.
- **LTO** aumenta el **rendimiento, la seguridad y la vida útil** de todas las tecnologías, pero a un **coste muy alto, baja densidad de energía** y algo que no puedes ver en la figura pero es importante, tiene un **voltaje más bajo por celda, por lo que necesitas más celdas para construir la misma batería**.
- Desde mi punto de vista, **los LMO y LCO** se utilizan menos hoy en día, pero se utilizaban más en el pasado.

## EJEMPLOS REALES

- **Irizar y CAF** utilizan células **LTO de Toshiba** para sus productos, autobuses eléctricos y trenes eléctricos.
- En el caso de los coches eléctricos hasta ahora los cátodos utilizados han sido **NCA y NMC** . Hoy en día, existe una tendencia a cambiar a **LFP, Tesla** por ejemplo al cambiar esto.

# Factores de forma: celdas prismáticas, cilíndricas y de bolsa



## Prismático

Alta estabilidad mecánica

Alta densidad de embalaje

Menor densidad que las pouch

Hoy en día se vuelve a utilizar en vehículos eléctricos.



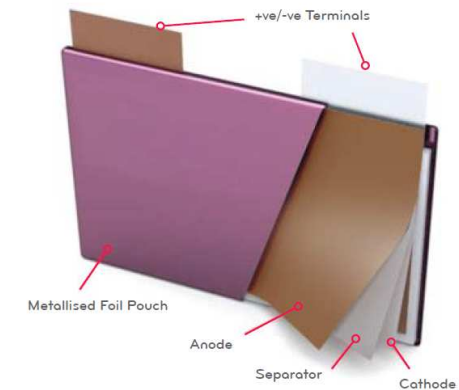
## Cilíndrico

Alta estabilidad mecánica

Coste normalmente más bajo

Más comúnmente disponible

Menor densidad de energía a nivel de pack



## Pouch

Baja estabilidad mecánica

Densidad de energía muy alta

Difícil interconexión de celdas

# Estructura de la industria de las baterías



## Raw materials

Litio, níquel  
manganeso,  
cobalto, aluminio,  
grafito, cobre.

Cadena de  
suministro,  
volatilidad de  
precios, países  
conflictivos.

Pureza de los  
materiales.

Ética, obtenemos  
estos materiales de  
la naturaleza.

## Precursors

Carbonato de litio vs  
hidróxido

Sulfatos de cobalto,  
níquel y manganeso.

Procesamiento,  
monocristal frente a  
policristalino

Químicos

## Electrodes + components

Material activo,  
aditivos conductores  
y aglutinantes.

Mezclado, coating,  
secado y  
calandrado.

Separadores,  
colectores de  
corriente y  
electrolitos.

## Cells

Cilíndricos, pouch y  
prismáticas.

Tamaño, capacidad

Llenado de  
electrolitos

Ciclos de formación

Performance

Vida útil

Consistencia entre  
celdas

**Consideraciones clave**

<https://www.youtube.com/watch?v=DBLHaLhyo2w>

# Estructura de la industria de las baterías



Modules +  
packs

Vehicle  
applications

2<sup>nd</sup> life and  
recycling

**Consideraciones clave**

Diseño de pack  
Sistema de gestión  
térmica  
BMS  
Vida útil  
Circuitos de  
protección

Perfil de carga  
Condiciones  
ambientales  
Servicio  
Valor residual  
Rendimiento en el  
mundo real

Capacidad residual  
Seguridad  
Logística  
Valor residual  
Política  
Economía  
Procedimiento para  
evaluar calidad

<https://www.youtube.com/watch?v=DBLHaLhyo2w>

# ¿Cómo fabricamos baterías? **Fabricación de baterías**



[https://www.youtube.com/watch?v=v7uS9\\_bUg-E&t=92s](https://www.youtube.com/watch?v=v7uS9_bUg-E&t=92s)

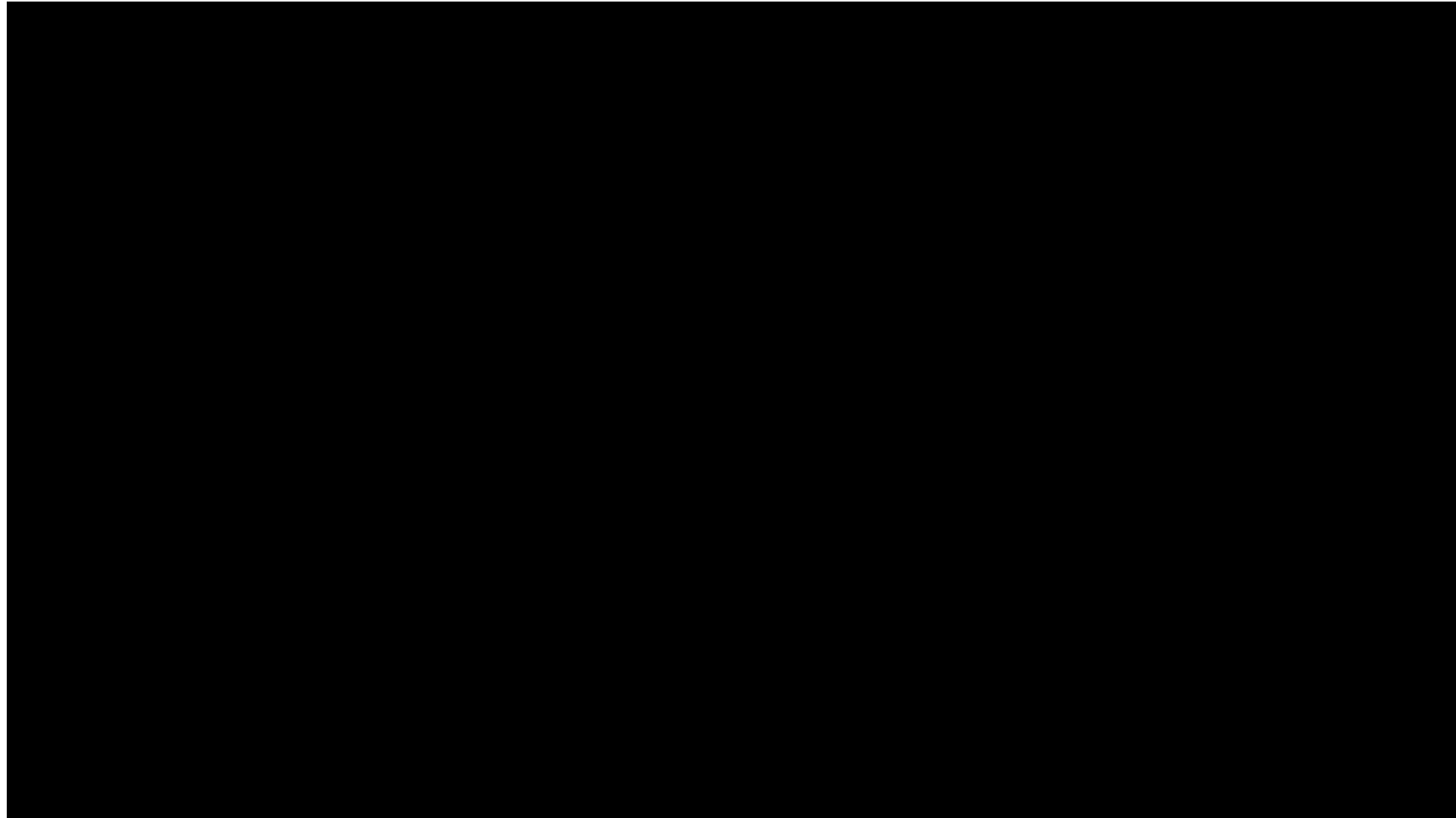
# ¿Cómo fabricamos baterías? Fabricación de baterías



[https://youtu.be/5L9hOVG\\_ORQ](https://youtu.be/5L9hOVG_ORQ)



# ¿Cómo fabricamos baterías? Fabricación de baterías

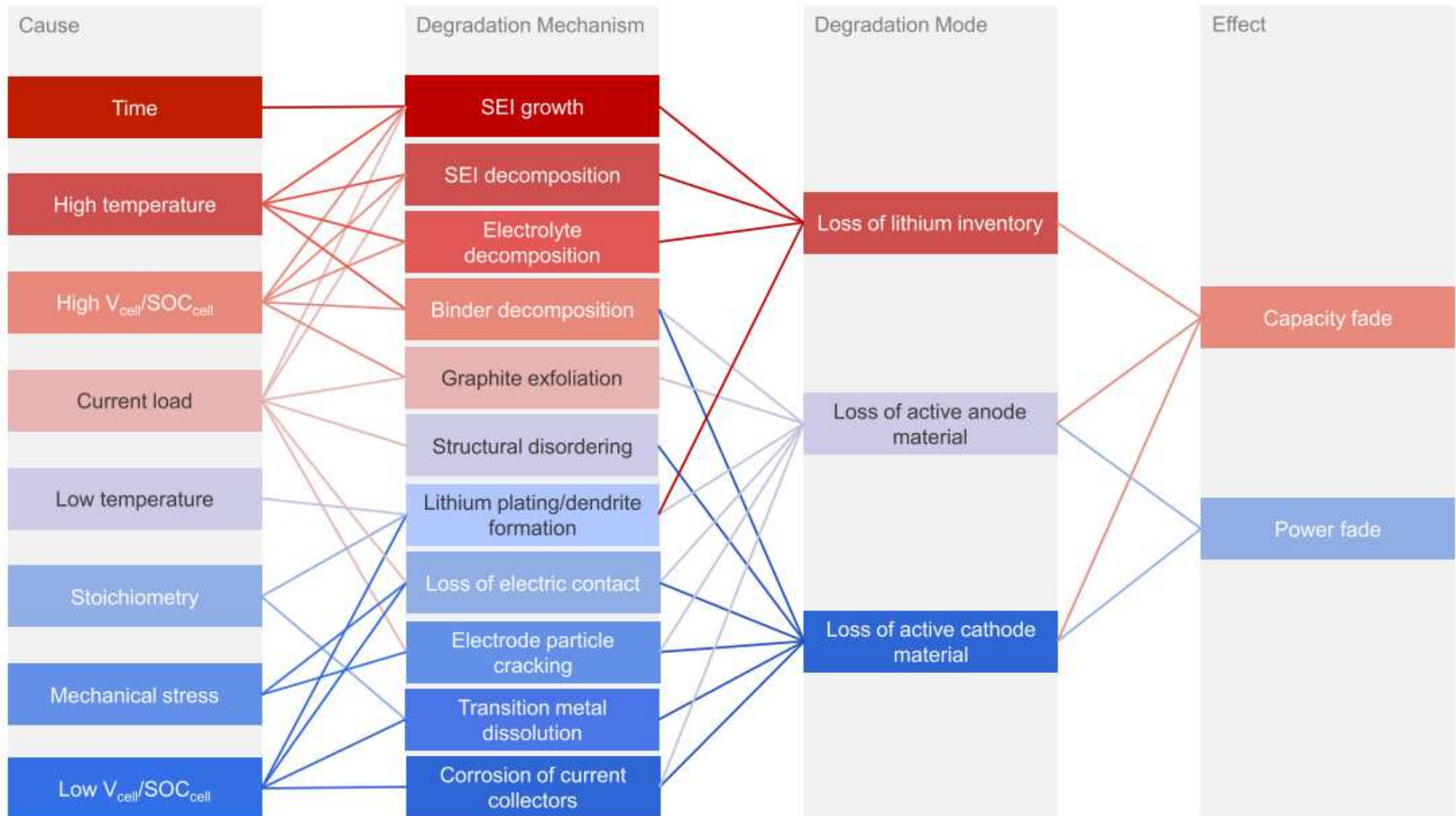


<https://www.youtube.com/watch?v=iiJsKza5CF4>

Máquina de montaje de Mondragon para la construcción de packs de baterías

<https://www.youtube.com/watch?v=0XGqxu9DBcU&t=10s>

# Degradación de las baterías de iones de litio



# Degradación de las baterías de iones de litio

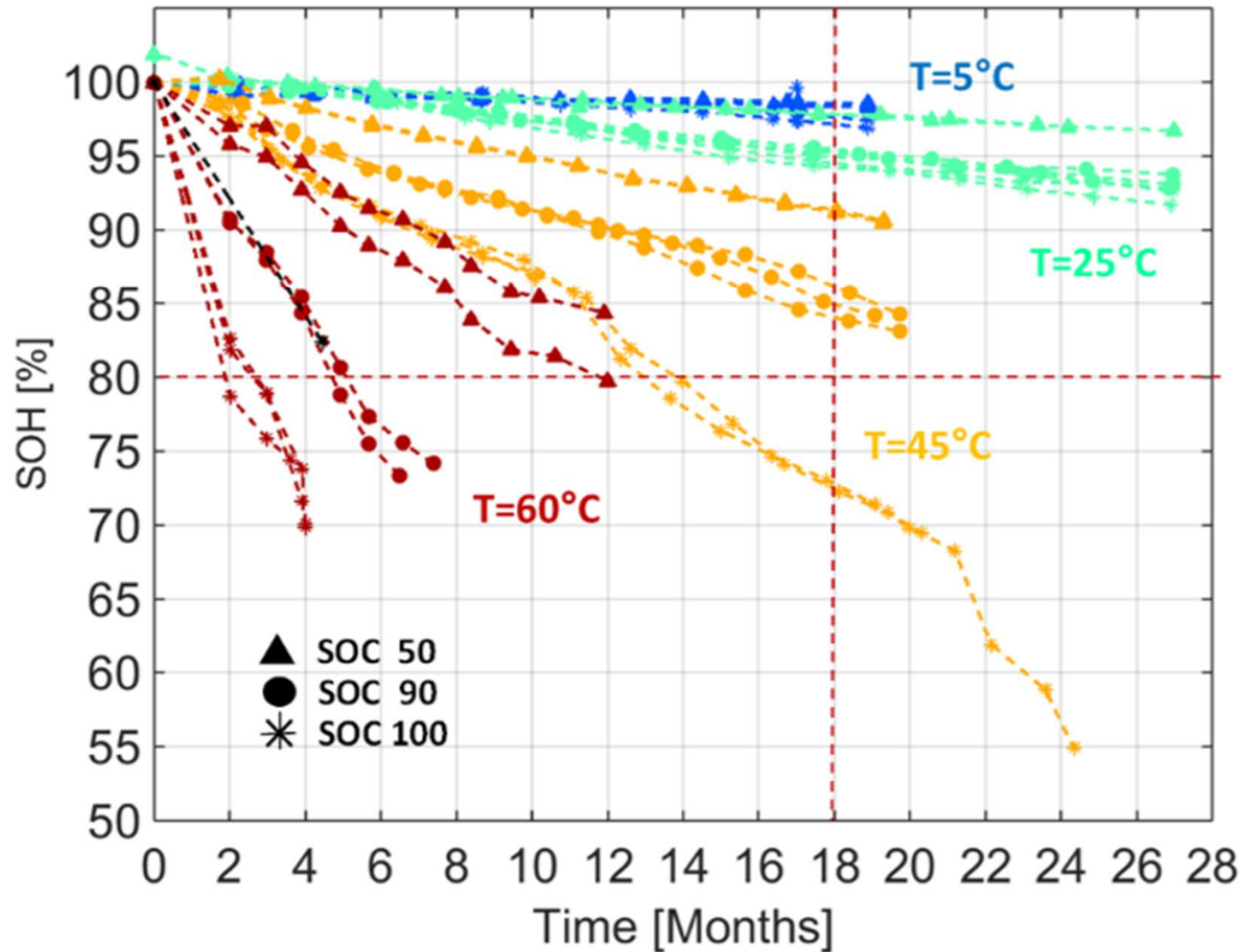
## ¿QUÉ VEMOS EN NUESTRAS CELDAS?

- A medida que avanza el tiempo, vemos **dos efectos** en nuestras celdas, **disminuye su capacidad nominal** y **reduce su capacidad de dar potencia** (aumentan su resistencia interna).

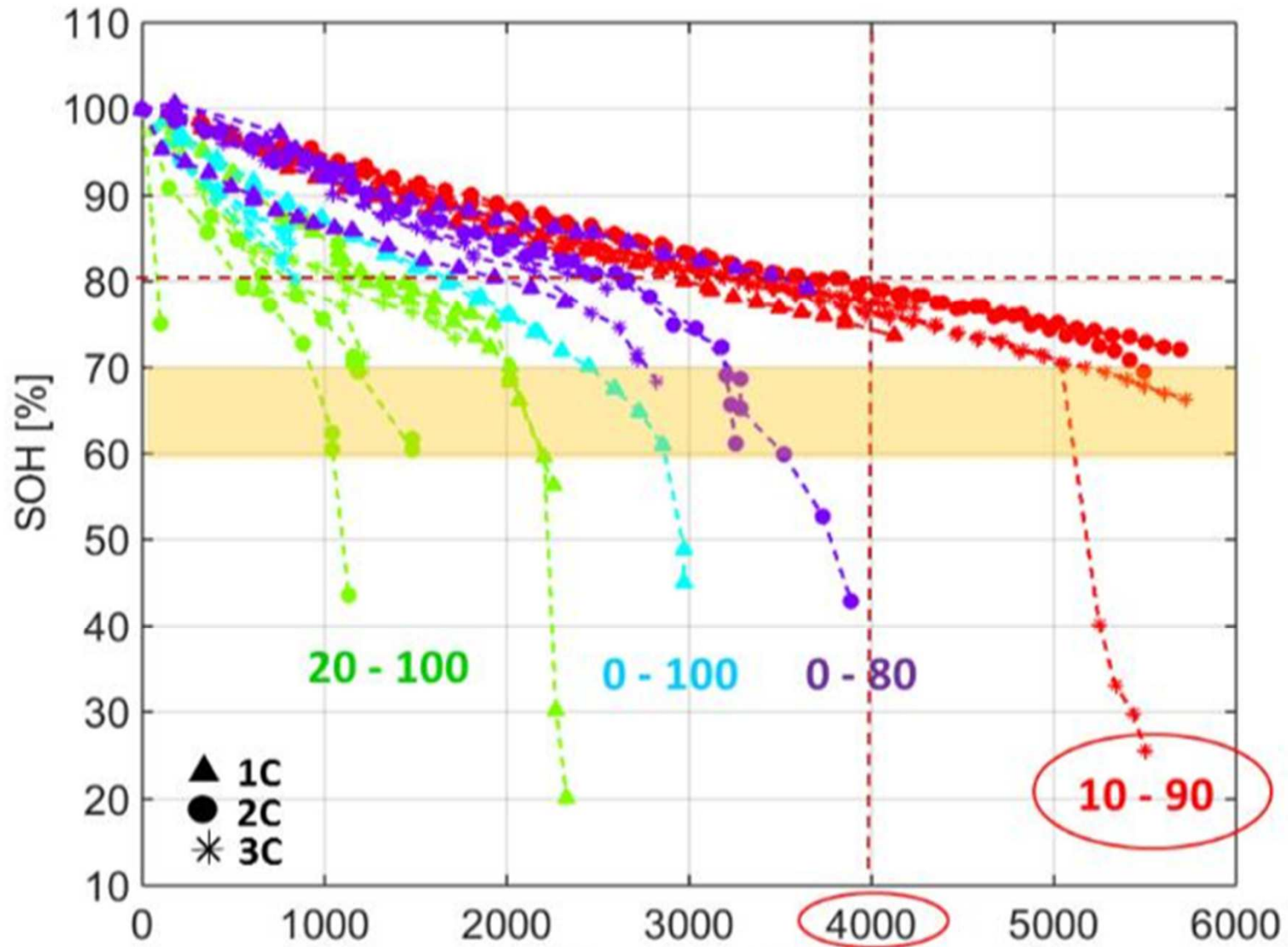
## CALENDAR LIFE y CYCLE LIFE

- Calendar life (Cómo guardamos la batería aunque no la usemos)
  - SoC: No almacene sus baterías completamente cargadas o completamente descargadas, manténgalas al 40 % de SoC cuando no las utilice.
  - Temperatura: Reducir la temperatura para evitar la degradación. Lo mejor sería **entre 3°C y 8°C**.
- Cycle life (Cómo usamos nuestra celda)
  - Temperatura de trabajo: las altas temperaturas envejecen la celda, pero también las muy bajas. **No cargues tus celdas a temperaturas inferiores a 0°C.**
  - Profundidad de descarga (DoD): descargar la celda a SoC muy bajos (es decir, DoD alto) envejece la celda
  - SoC medio: DoD puede ser el mismo, pero el SoC promedio también es importante.
  - Tasa de corriente: las células se degradan más con **corrientes muy altas**.
  - Sobrecarga o sobredescarga : esto podría degradar la celda de forma irreversible. **No supere los límites recomendados por el fabricante de la celda**.

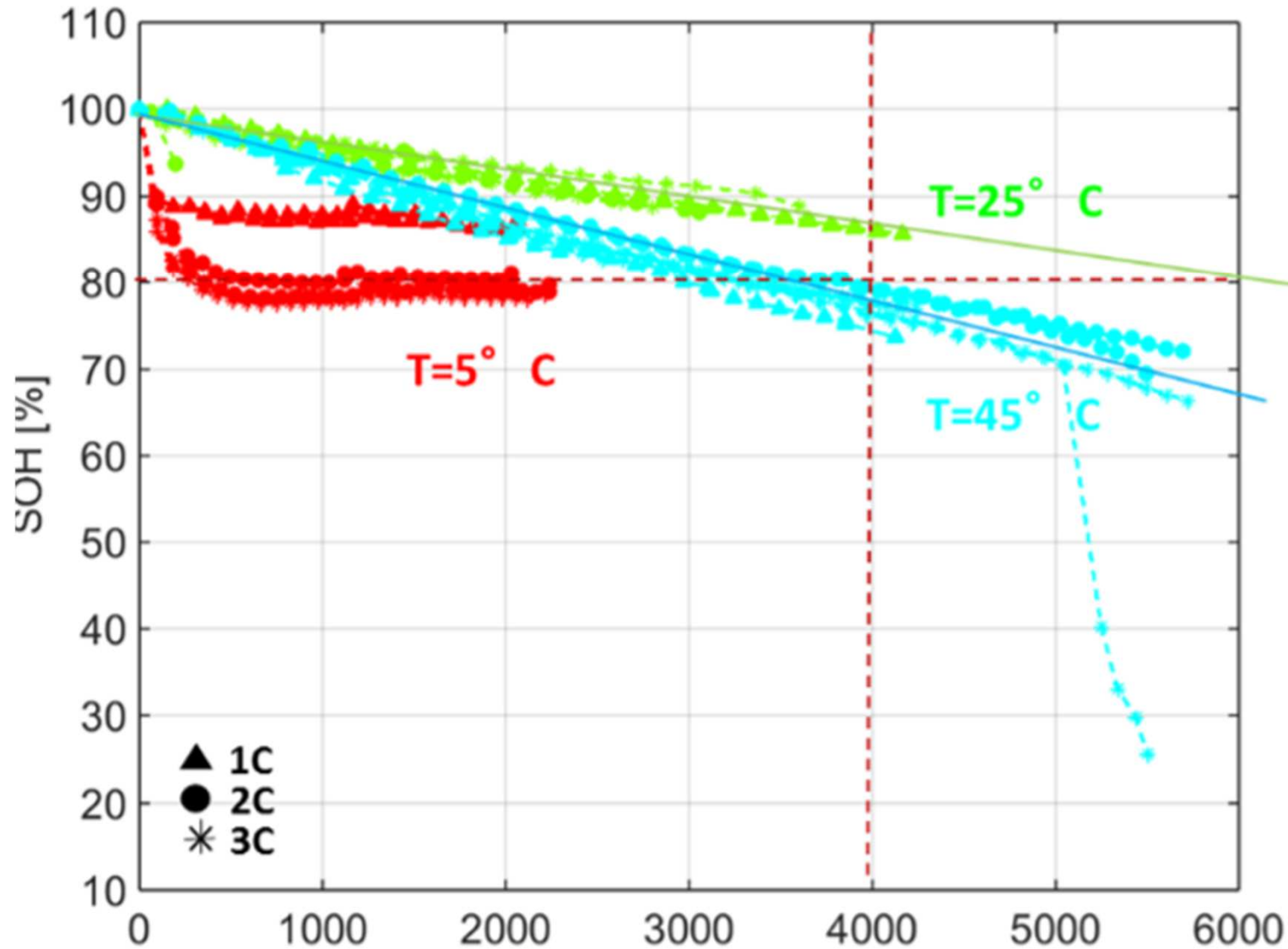
# Degradación de las baterías de iones de litio



# Degradación de las baterías de iones de litio

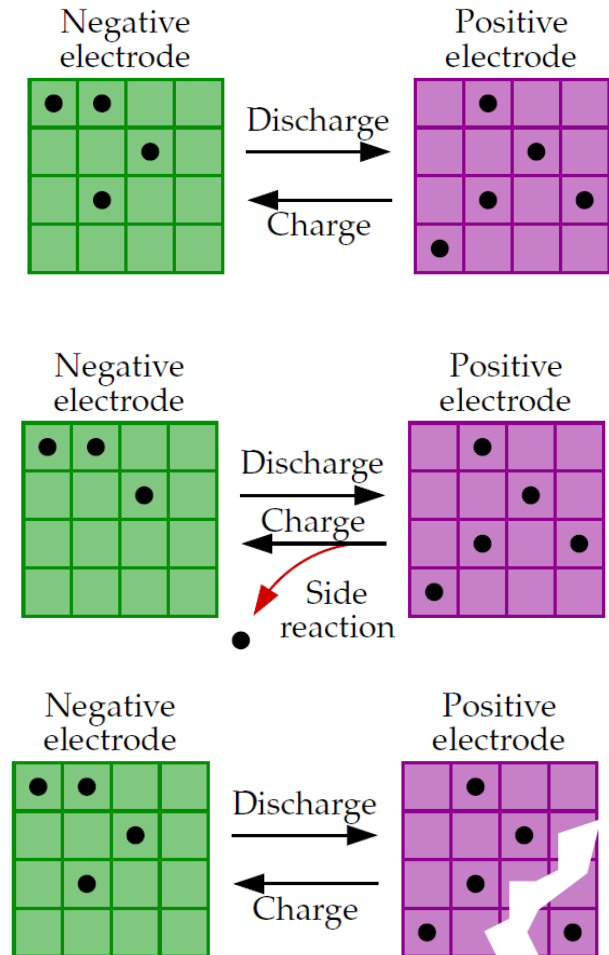


# Degradación de las baterías de iones de litio



# Degradación de las baterías de iones de litio

- Este término depende del litio disponible en la reacción química y de los huecos disponibles en los electrodos para que el litio se intercale.
- A medida que la celda se degrada, la **reacción colateral** (*Normalmente se da en carga*) que sucede hace que el litio se pierda y ese litio ya no se pueda utilizar en la propia reacción. (*Figura en medio*)
- Además, a medida que la celda se utiliza también puede haber **cracks** que hagan que haya menos huecos en nuestros electrodos.
- La capacidad total vendrá dada por el valor mínimo entre los huecos del electrodo positivo, los huecos del electrodo negativo y los iones de litio.
- A medida que estos fenómenos suceden vamos perdiendo huecos y iones que hacen que tengamos una caída en capacidad o un fenómeno de “capacity fade” en nuestra celda.
- El algoritmo tiene que estimar este valor, el Kalman del SoC sólo podrá corregir pequeños errores en este término.



G. Plett, Battery Management Systems. Vol. 2. Equivalent-circuit methods

# Seguridad

## ÁREA DE OPERACIONES SEGURA (SOA)

- Subtensión

El cobre se disuelve en el electrolito.

- Sobretensión

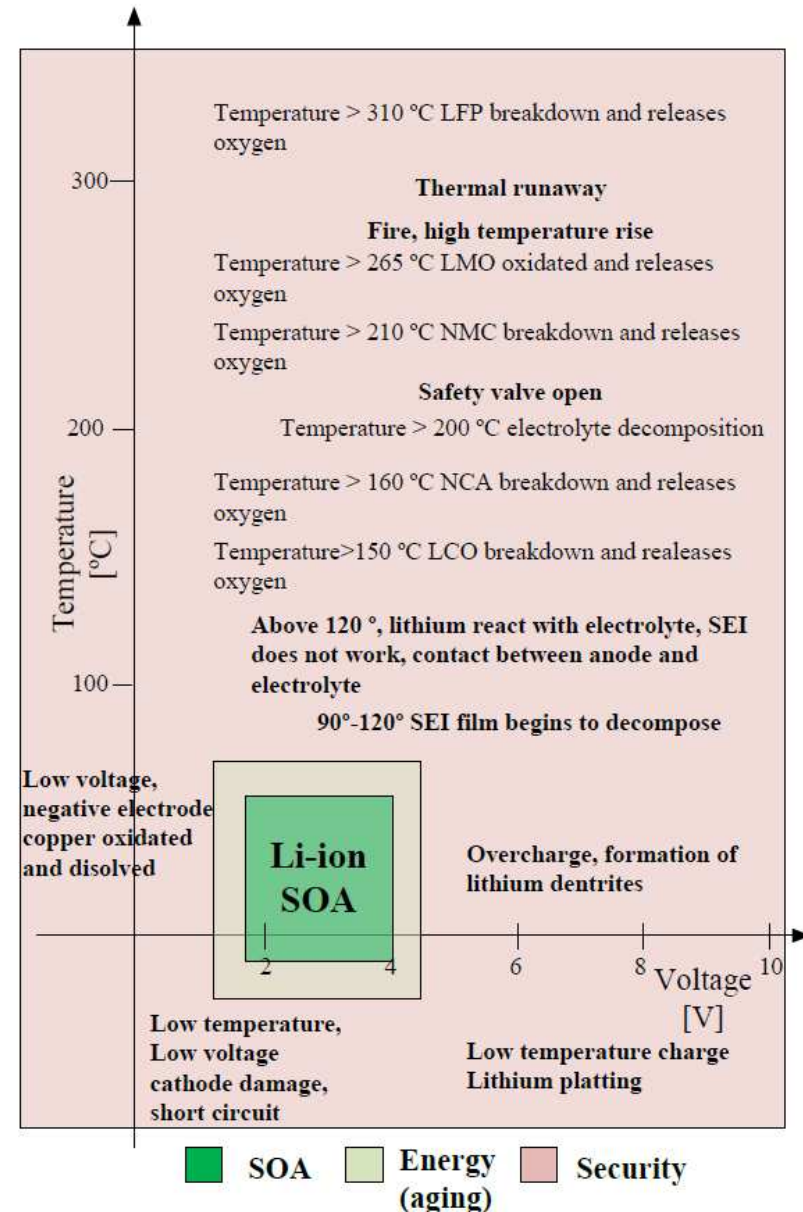
Formación de dendritas de litio.

- Temperatura baja

Daño al cátodo, cortocircuito y **lithium plating**.

- Exceso de temperatura

Pérdida de capacidad, contactos entre ánodo y electrolito, descomposición, liberación de gases, incendio, **thermal runaway**.



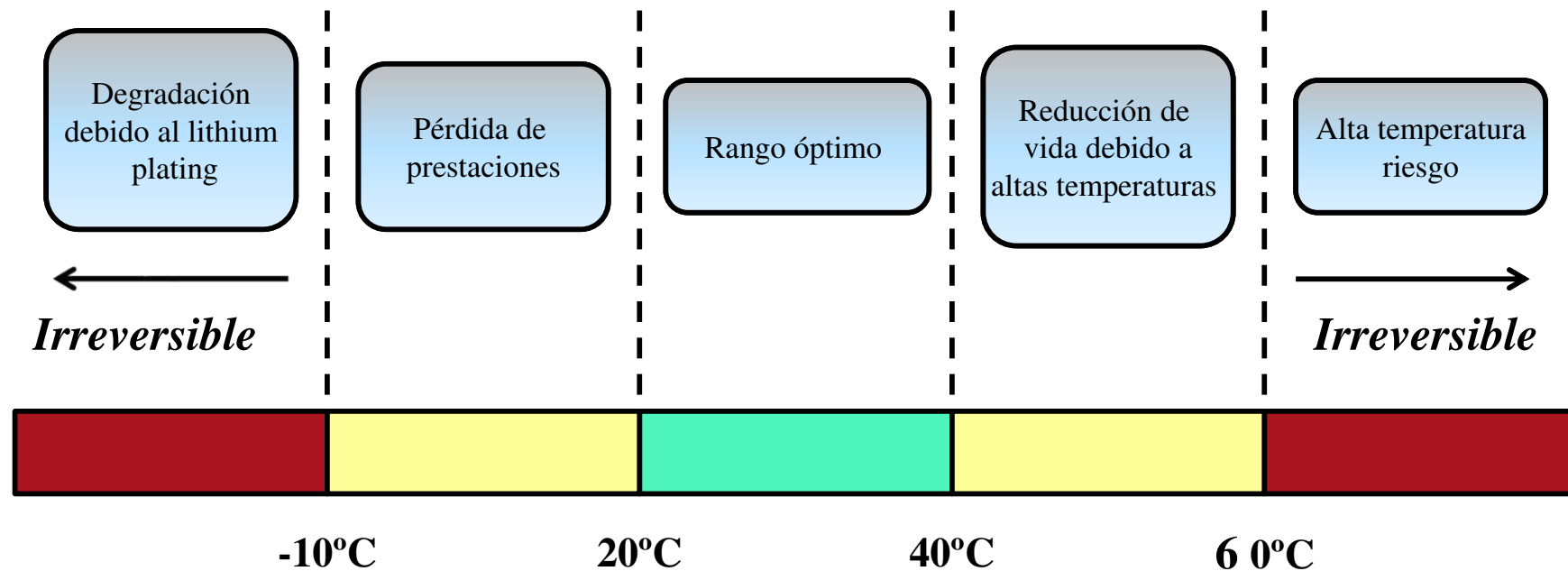
Adaptado de: L. Lu, X. Han, J. Li, J. Hua y M. Ouyang, "Una revisión sobre las cuestiones clave para la gestión de baterías de iones de litio en vehículos eléctricos", *J. Power Sources*, vol. 226, págs. 272–288, 2013.



# Seguridad

## EN TÉRMINOS DE TEMPERATURA

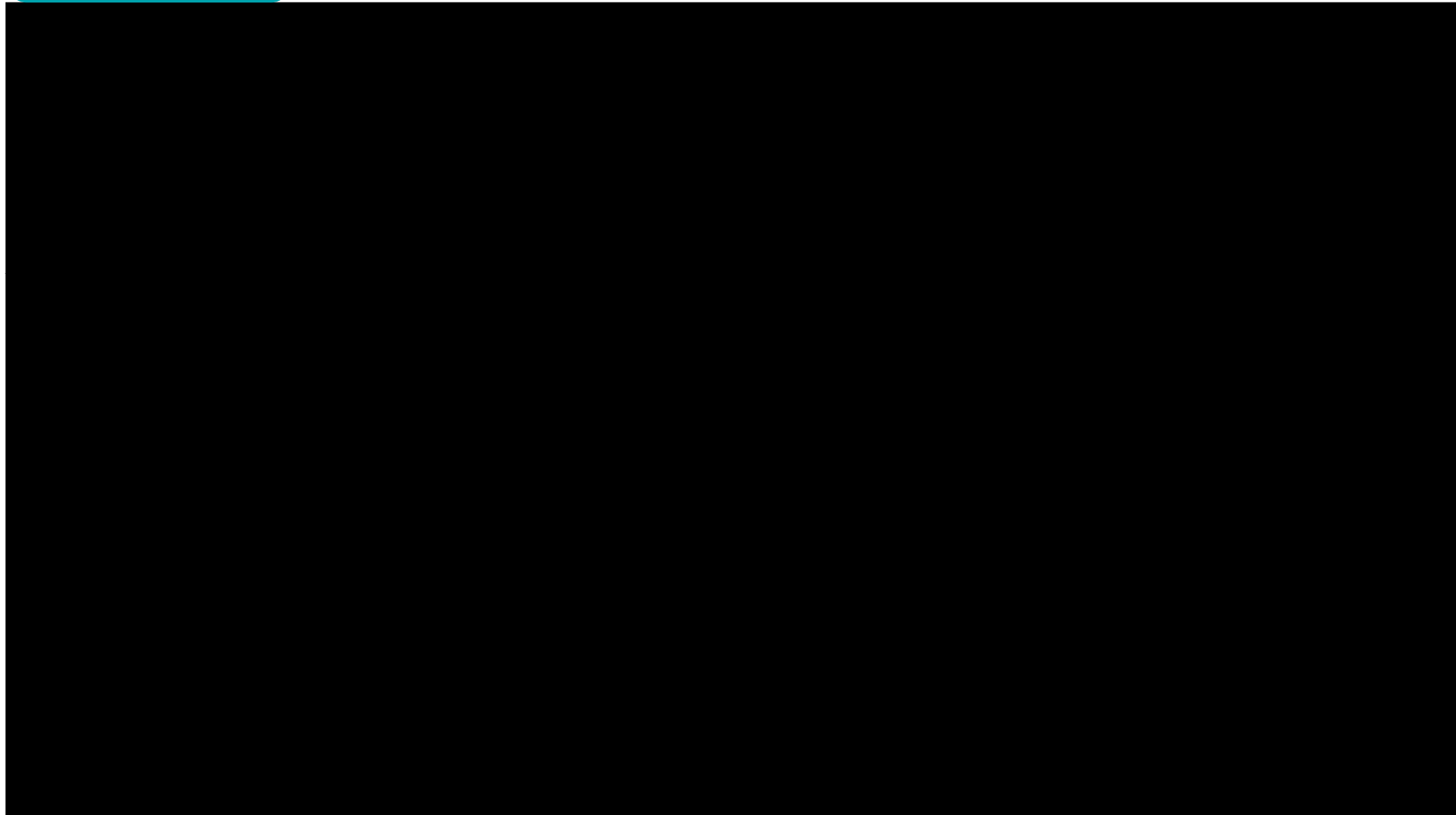
- El fabricante de la celda le dará los valores concretos para su celda, pero normalmente puede consultar este gráfico.
- Tenga cuidado con las temperaturas muy bajas durante la carga.
- Evite temperaturas muy altas durante la carga o descarga.



U. Iraola , *Optimización electrotrémica de un sistema de almacenamiento de energa basado en bateras de ion de litio*

# Seguridad

Aplicar calor



<https://youtu.be/24fYrV2vCPk>

Mondragon Unibertsitatea

## Nail penetration



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

Mondragon Unibertsitatea

# Seguridad

Pruebas de  
seguridad



<https://www.youtube.com/watch?v=Qzt9RZ0FQyM>

# Seguridad

Evento de  
seguridad



[https://www.youtube.com/watch?v=ShHofH\\_XZC4](https://www.youtube.com/watch?v=ShHofH_XZC4)

- Es importante comprender la composición y el principio de funcionamiento de las celdas de iones de litio, redox.
- Materiales utilizados para cátodos y ánodos y ¿por qué? ¿Por qué voltajes bajos para los ánodos y altos para los cátodos?
- Cátodos más importantes y sus características.
- Formatos de celda.
- Fabricación e industria de baterías.
- Degradación, por qué ocurre y los factores de estrés.
- Seguridad, lo importante para trabajar en modo seguro.

# Bibliografía

- Esta presentación está basada en un vídeo publicado por el Dr. Billy Wu del Imperial College de Londres.  
<https://www.youtube.com/watch?v=DBLHaLhyo2w>
- Un libro realizado por la Universidad de Colorado en Colorado Springs. *G. Plett, Sistemas de gestión de baterías. vol. 2. Métodos de circuito equivalente*
- Información sobre el curso de la Universidad de Colorado en Colorado Springs. <http://mocha-java.uccs.edu/ECE5710/index.html>
- Algunos vídeos de youtube
- Un artículo de Internet sobre cátodos de iones de litio.  
<https://elements.visualcapitalist.com/the-six-major-types-of-lithium-ion-batteries/>



**Mondragon  
Unibertsitatea**

Faculty of  
Engineering

Eskerrik asko  
Muchas gracias  
Thank you

**Unai Iraola**

uiraola@mondragon.edu