



## *Reciclado directo de baterías de litio: avances sostenibles con el proyecto REBALIRE.*

Iván Esteve Adell

[ivan.esteve@ite.es](mailto:ivan.esteve@ite.es)

Financiado por:  
Exp. CONV23/DGINN/18



## PROPÓSITO

Facilitar la transición energética sostenible y eficiente a las empresas y la sociedad

### MISIÓN

Generación y transferencia de conocimiento y tecnología para abordar los nuevos retos del ámbito energético.



### VISIÓN

Ser el referente tecnológico en la transformación energética, desde la excelencia, la ciencia y la innovación, para el desarrollo sostenible de las empresas de manera colaborativa e integradora.

## VALORES

#### Excelencia

Trabajamos por la excelencia y la innovación a través de la profesionalidad, la generación de conocimiento y la mejora continua.

#### Compromiso

Nos comprometemos con las personas, nuestros clientes, las empresas y la sociedad.

#### Integridad

Actuamos con ética profesional, integridad, independencia e imparcialidad.

#### Colaboración

Nos gusta el trabajo en equipo y colaborar de forma abierta e inclusiva para lograr objetivos comunes.

# Laboratorios y Plantas Piloto



SMARTDEVICES



ENSAYOS AMBIENTALES



CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS. EMF



CALIBRACIÓN



METROLOGÍA LEGAL



INTEROPERABILIDAD



CERTIFICACIÓN COMUNICACIONES PRIME



ALTA TENSIÓN



ARCO ELÉCTRICO



GESTIÓN DE LA DEMANDA (GAD)

Laboratorios



DIGITALIZACIÓN ENERGÉTICA - GAMMA



CIRCULAR CARBON



HIDRÓGENO



BATTERY LAB



DESC. PARCIALES Y ELECTROESTÁTICA



SÍNTESIS DE MATERIALES



CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES



TESTEO DE BATERÍAS



MODELIZACIÓN-SIMULACIÓN



GESTIÓN DE LA RECARGA DE VE

Plantas Piloto



BATTERY LAB



CIRCULAR CARBON



HIDRÓGENO



GAMMA



SMART CHARGING LAB

# Líneas Estratégicas



Redes del futuro

Movilidad Sostenible



Baterías



Hidrógeno renovable



EE y Procesos Industriales



Reciclaje y Economía Circular



Bioteecnologías



## Índice

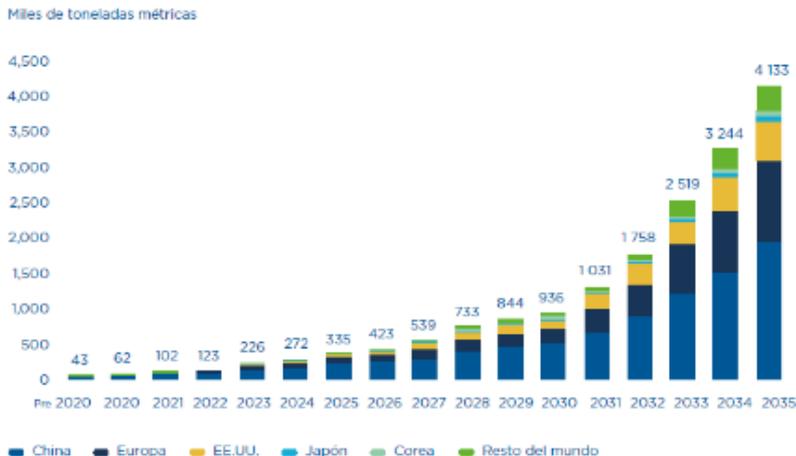
Contexto

Nuevo reglamento europeo de baterías

Reciclado de baterías

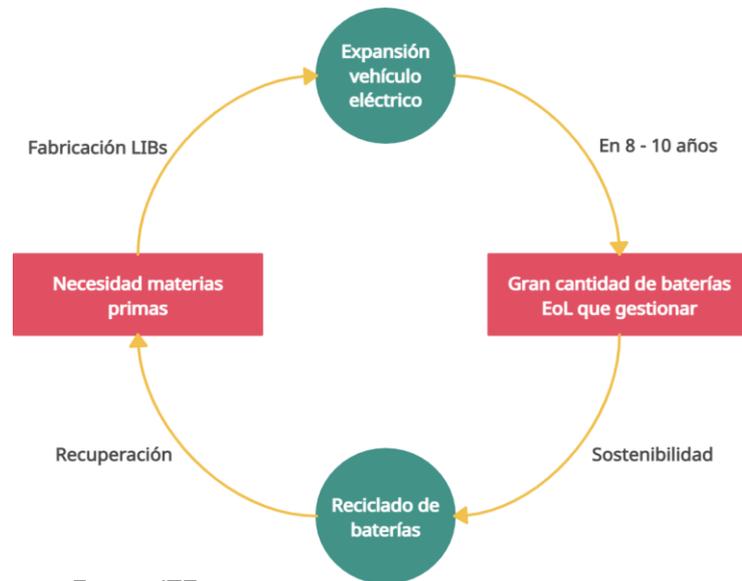
El reciclado de baterías desde REBALiRE

**Figura: Baterías en fin de vida a nivel mundial por regiones**



Fuente: Naturgy

- La vida útil de las baterías se encuentra entre 8 – 10 años.
- Se espera una gran cantidad de baterías al final de su vida útil en los próximos años debido a la expansión de los vehículos eléctricos (4133 toneladas para 2035).
- Es necesario desarrollar la capacidad de reciclaje de manera inmediata.
- Nueva regulación europea de baterías que amplía los objetivos y eficiencias de reciclaje.



## Proceso de desarrollo del reglamento de baterías



### Objetivo del reglamento<sup>2</sup>

- Definición de los sistemas de baterías  
*Categorización y delimitación de las baterías*
- Impacto medioambiental  
*Minimizar el impacto medioambiental de las baterías*
- Maximizar el tiempo de vida  
*Mejora del marco regulatorio para alargar la vida*
- Optimización del reciclado de baterías  
*Regulación del mercado de reciclado de baterías*

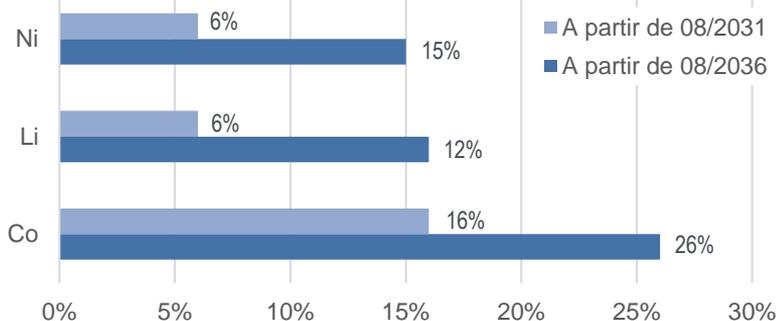
### Innovación del reglamento

- Categorías de baterías  
*Redefinición de las categorías de baterías*
- Ley de responsabilidad  
*Responsabilidad ampliada del productor*
- Emisiones de CO<sub>2</sub>  
*Datos obligatorios, clases de rendimiento y límites*
- Datos de rendimiento y envejecimiento  
*Registro e intercambio de datos del ciclo de vida de la batería*
- Reciclado  
*Tasas de reciclado y contenidos mínimos de reciclado en función del producto*

Fuente: 1) [Press release Council of the EU, 10.07.2023](#); 2) Objective according to BMWK.

## Artículo 8, Anexo VIII

Contenido mínimo de materiales activos reciclados de residuos de pilas o baterías



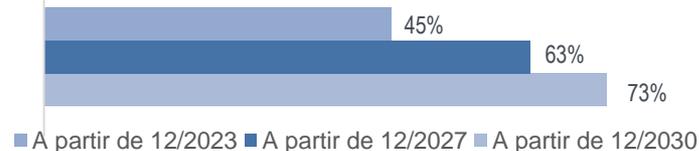
## Artículo 60

Tasas de recogida baterías para medios de transporte ligeros



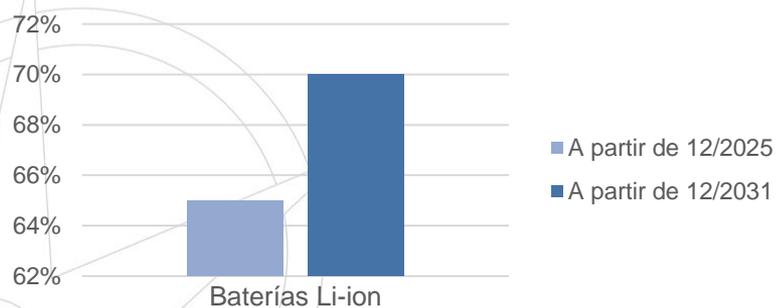
## Artículo 59

Tasas de recogida pilas o baterías portátiles



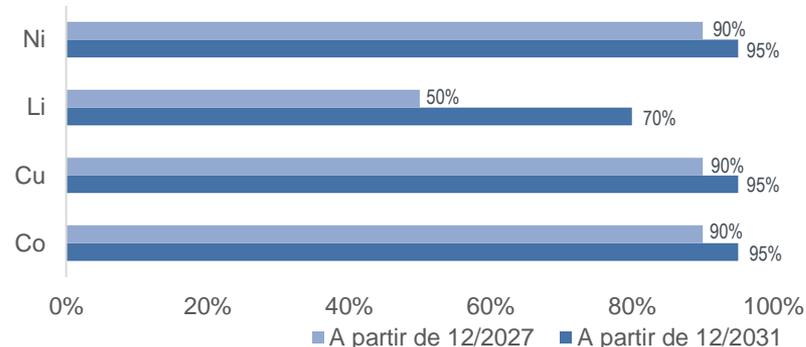
## Artículo 71, Anexo XII

Objetivos de eficiencia de reciclado

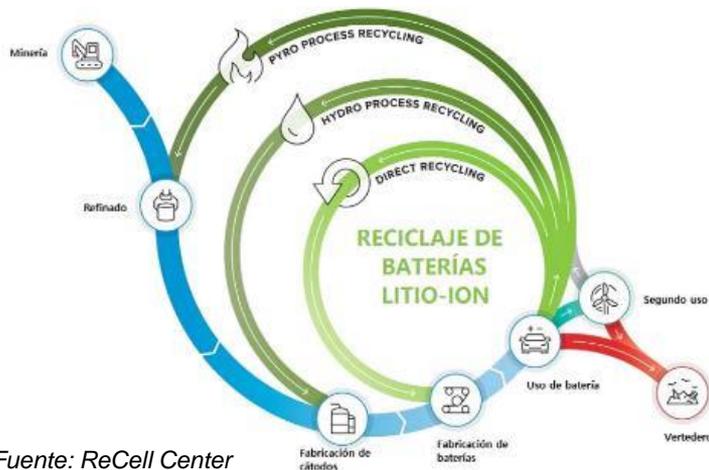


## Artículo 7, Anexo XII

Objetivos valorización de materiales



## ¿Cómo llevar a cabo el reciclado?



Fuente: ReCell Center



Fuente: ITE



Fuente: ITE

### 3 procesos principales de reciclado

1

#### Reciclaje Pirometalúrgico

Estas técnicas basan su procedimiento en la utilización de altas temperaturas (alrededor de 1.500 °C) para fundir las baterías y quemar, con ello, todos los compuestos a base de carbono.

2

#### Reciclaje Hidrometalúrgico

Este proceso implica la separación de los componentes de la batería mediante procesos de lixiviación y purificación. Estas técnicas juegan con la solubilidad en ácido de los elementos presentes en los materiales activos.

3

#### Reciclaje directo

Este proceso consiste en eliminar el aglutinante del electrodo para recuperar el material catódico y regenerar o reactivar el material activo para recuperar las propiedades en lugar de disolverlo

## Pretratamiento



- Previo a cualquiera de los 3 procesos se ha de realizar el pretratamiento, consistente en una separación física de los componentes de la batería.
- La elección de cada paso en esta etapa tiene impacto en el resto de la cadena de reciclado. Ejemplo: si el triturado se hace en húmedo, se necesitará secarlo.
- Con una correcta ejecución de esta etapa se consigue alcanzar mejores eficiencias en el reciclado y productos de mayor pureza.

Fuente: ITE

## Reciclado pirometalúrgico



Fuente: Naturgy



Los módulos y las celdas se introducen en un horno de fundición a alta temperatura ( $>1400\text{ }^\circ\text{C}$ ) sin necesidad de un tratamiento previo.

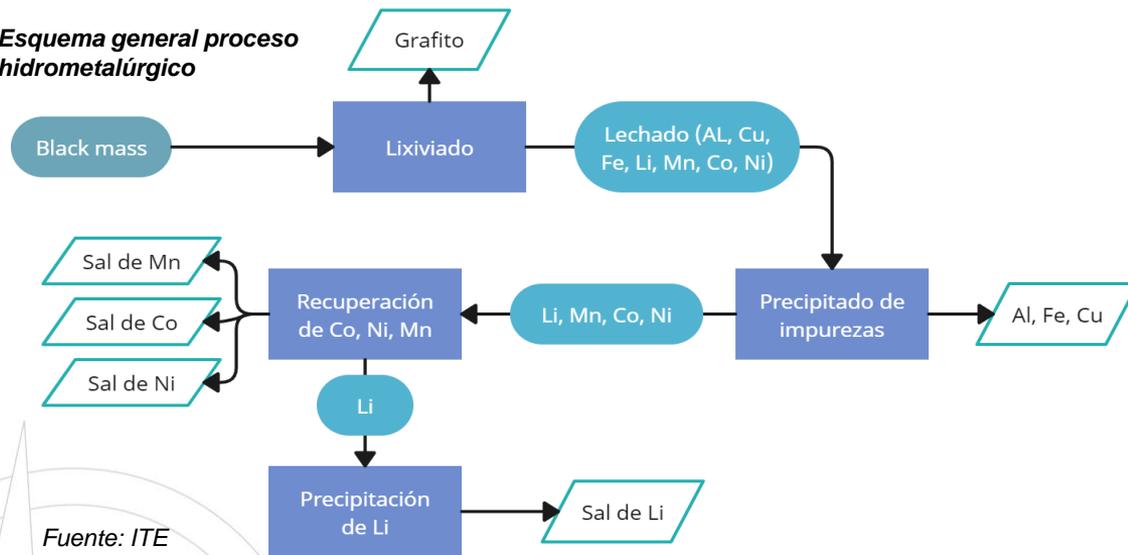
Se obtienen dos flujos:

- **Aleación:** compuesta por Co, Ni y Cu. Los metales se pueden separar con procesos hidrometalúrgicos posteriores
- **Escoria:** contiene Li, Al y Mn.

Este proceso presenta un bajo rendimiento de recuperación (70% aprox.) y baja eficiencia energética debido al empleo de altas temperaturas.

## Reciclado hidrometalúrgico

**Esquema general proceso hidrometalúrgico**



Fuente: ITE



Fuente: ITE

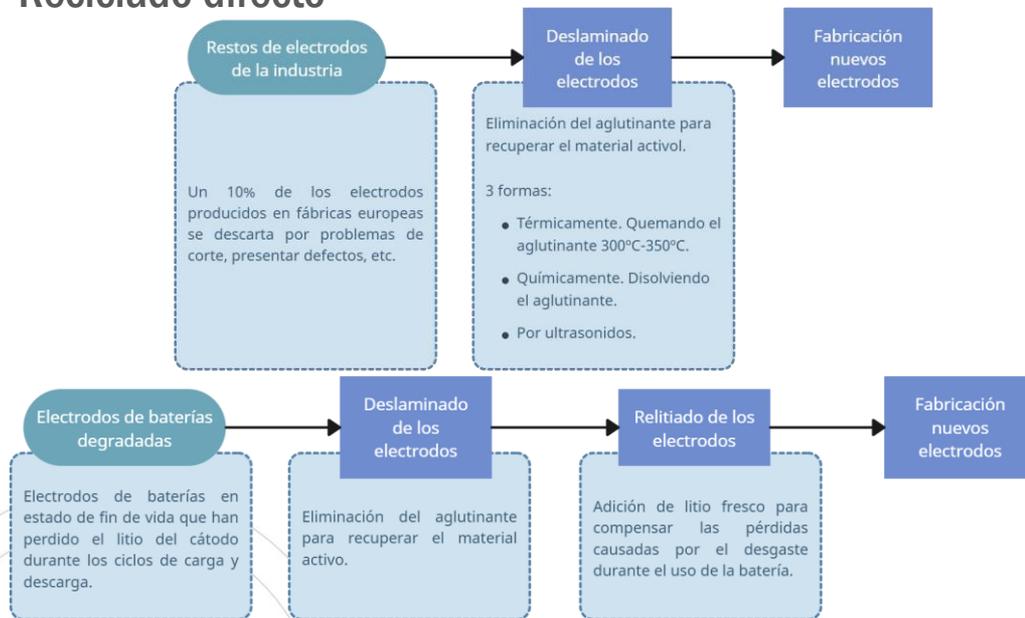
La “black mass”, procedente del pretratamiento mecánico o del proceso pirometalúrgico, alimenta el proceso hidrometalúrgico.

Se llevan a cabo dos etapas:

- **Lixiviación** de los metales contenidos en la “black mass”.
- **Precipitado** de los metales como sales.

Se emplean generalmente ácidos y bases fuertes, que permiten disolver los metales, y cambios en  $T^a$  y pH, que permiten precipitar los metales en forma de hidróxidos, carbonatos o sulfuros.

## Reciclado directo



Fuente: ITE

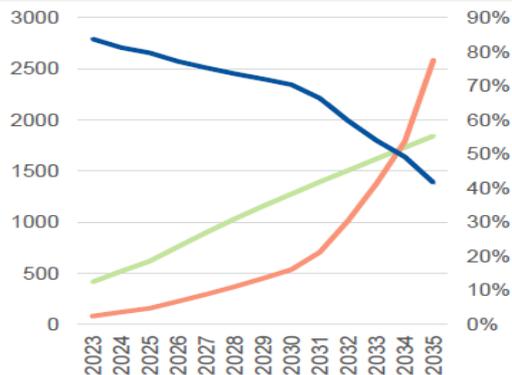
El reciclado directo consiste en la regeneración de los materiales catódicos sin necesidad de incurrir en complejos procesos de lixiviación.

Se puede emplear con el “scrap” de la industria de fabricación de los electrodos y con los electrodos de las baterías EoL.

Este enfoque requiere la separación de los materiales del cátodo del colector que los soporta y, después, si es necesario, añadir litio fresco, consiguiendo así la recuperación de la mayor parte del material con un tratamiento mínimo, una menor generación de residuos y menor consumo energético.

## Propuesta de reciclado en REBALIRE

Los desechos de producción son actualmente la entrada más importante para el reciclaje y seguirán siéndolo hasta mediados de la década de 2030

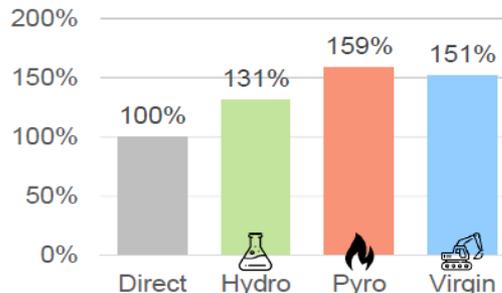


- Recycling share of production scrap [percent]
- Annual return quantity of EoL batteries [kilotonnes].
- Annual amount of Production Scrap [kilotonnes]

Fuente: Universidad Aachen

El reciclaje directo tiene el potencial de reducir drásticamente los costes y las emisiones asociadas al reciclaje.

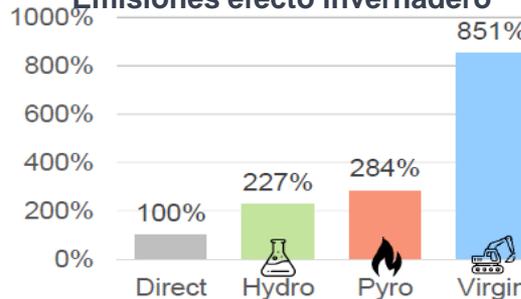
## Costes



Fuente: Universidad Aachen

Las rutas alternativas de reciclaje requieren entre 4 y 8 veces más energía para extraer el material.

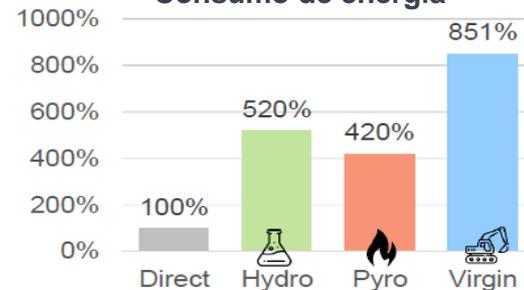
## Emisiones efecto invernadero



Fuente: Universidad Aachen

Las fuentes alternativas de materiales tienen un coste entre un 30% y un 60% más alto por kilogramo de material extraído.

## Consumo de energía

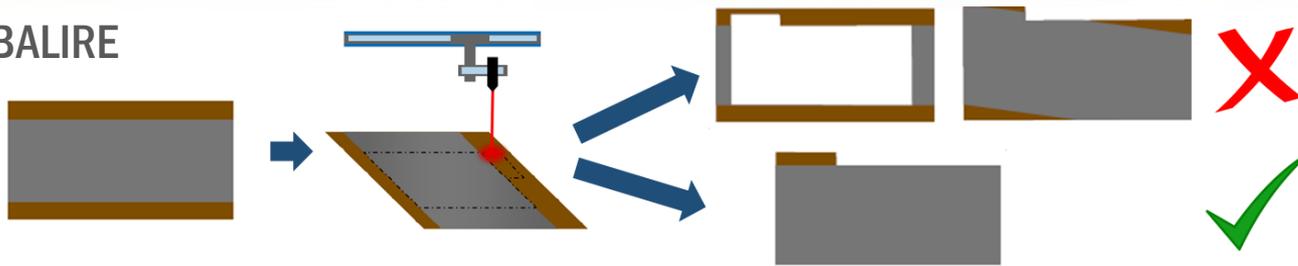


Fuente: Universidad Aachen

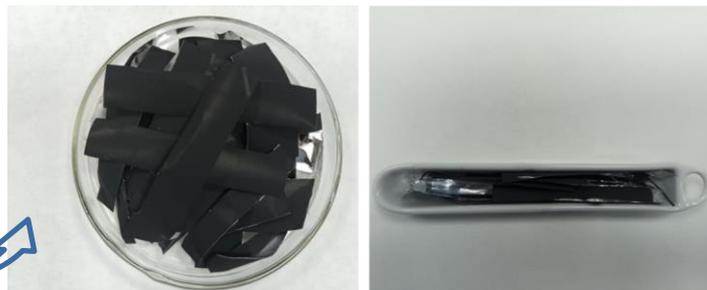
Las fuentes alternativas de materiales provocan entre 2 a 3 veces más emisiones.

## Reciclado directo en REBALIRE

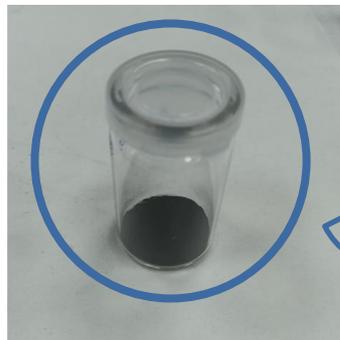
**“Scrap” de producción**



**Cátodo Procedente del “scrap” de producción**



Des laminado de los electrodos y obtención del cátodo recuperado por método directo.



**Cátodo Recuperado por Método Directo**

## Conclusiones

PROCESO MÁS  
**SOSTENIBLE Y  
EFICIENTE**

**RECUPERACIÓN  
DE MATERIALES**

Catódicos y  
anódicos con un  
procesamiento  
mínimo

**PROCESO A  
MENOR  
TEMPERATURA**

Bajo consumo  
energético frente a  
métodos  
convencionales

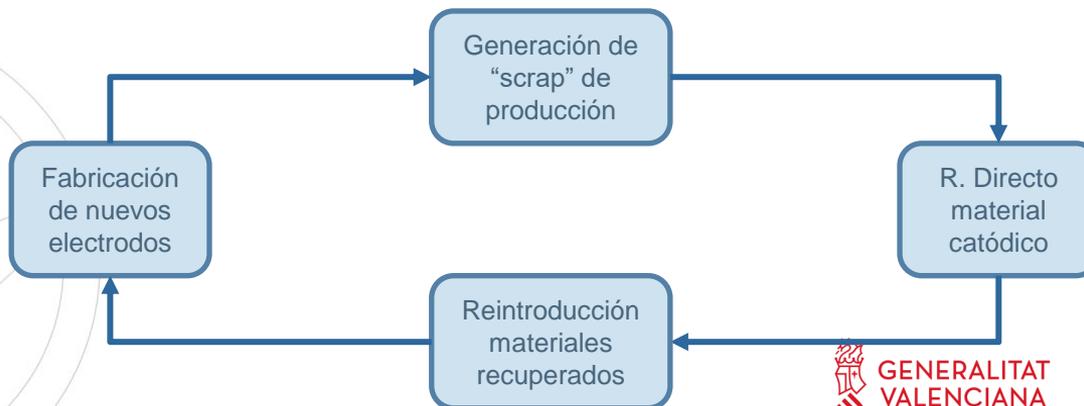
**EFICIENCIA**

Consumo de una  
cantidad mínima  
de reactivos y agua

**CIRCULARIDAD**

Materiales  
recuperado que  
vuelven a la  
cadena de  
fabricación de  
baterías

Este enfoque **cierra el círculo de la economía circular** al reintroducir los materiales recuperados al inicio de la cadena de valor de fabricación de baterías.



Gracias por su atención

Instituto Tecnológico de la **Energía**

[www.ite.es](http://www.ite.es)

[ite@ite.es](mailto:ite@ite.es)



ITE.energia



@itenergia



Instituto Tecnológico de la Energía

