



GRADO EN COMERCIO

TRABAJO FIN DE GRADO

“Estudio de mercado sobre las actividades y mejores prácticas llevadas a cabo por las OEM en el reciclaje de las baterías de los vehículos eléctricos.”

Fernando Alfageme Prieto

**FACULTAD DE COMERCIO Y RELACIONES LABORALES
VALLADOLID, 17/07/2025**



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

GRADO EN COMERCIO

CURSO ACADÉMICO 2024/2025

TRABAJO FIN DE GRADO

“Estudio de mercado sobre las actividades y mejores prácticas llevadas a cabo por las OEM en el reciclaje de las baterías de los vehículos eléctricos.”

Trabajo presentado por: Fernando Alfageme Prieto

Tutor: Marta Velasco Sanz

FACULTAD DE COMERCIO Y RELACIONES LABORALES

Valladolid, 17/07/2025

Resumen:

Este trabajo estudia el mercado de reciclaje de baterías, centrándose especialmente en las baterías de litio, ya que son las principales equipadas en los vehículos eléctricos debido al auge de éstos. Se analizan las mejores prácticas e impulsores del mercado, las regulaciones que impactan directamente en estas actividades y la perspectiva del consumidor. Además, se realiza un análisis DAFO a corto, medio y largo plazo, junto con un análisis PESTEL. Se presentan datos relevantes sobre el incremento en los registros de nuevos vehículos, los distintos procesos de reciclaje y producción de baterías para los vehículos eléctricos, así como las predicciones de crecimiento de la infraestructura europea de reciclaje.

Palabras clave:

Sostenibilidad, reciclaje, vehículos eléctricos, baterías de litio.

Abstract:

This paper studies the battery recycling market, with a special focus on lithium batteries, as they are the main batteries equipped in electric vehicles due to the rise of electric vehicles. Best practices and market drivers, regulations that directly impact these activities and the consumer perspective are analysed. In addition, a short, medium and long-term SWOT analysis is performed, along with a PESTEL analysis. Relevant data is presented on the increase in new vehicle registrations, the various recycling and battery production processes for electric vehicles, as well as growth predictions for the European recycling infrastructure.

Key words:

Sustainability, recycling, battery electric vehicles, lithium-ion battery.

Índice

Contenido

Resumen:	3
Palabras clave:	3
Abstract:	3
Key words:	3
Tabla de figuras:	5
I. Introducción	7
Objetivos	7
Metodologías	8
II. Visión general del mercado	11
III. Principales tendencias e impulsores	20
IV. Panorama competitivo	22
V. Perspectiva y comportamiento del consumidor	31
VI. Entorno normativo	33
VII. Análisis DAFO y PESTEL	39
Factores políticos	39
Factores económicos	39
Factores sociales	40
Factores tecnológicos	41
Factores ambientales	42
Factores legales	42
Factores éticos	43
1. Corto-medio plazo (5-10 años)	44
2. Largo plazo (10-15 años)	46
VIII. Conclusiones	47
Bibliografía	49

Tabla de figuras:

FIG. 1 TOTAL DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS DE PASAJEROS EXTRAÍDO DE: VEHICLES AND FLEET EUROPEAN ALTERNATIVE FUELS OBSERVATORY (EUROPEAN COMMISSION, 2025A).....	13
FIG. 2 NÚMERO DE NUEVOS REGISTROS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS DE PASAJEROS EN LOS ÚLTIMOS CINCO AÑOS. COMPARACIÓN ENTRE LOS HÍBRIDOS ENCHUFABLES (PHEV) Y LOS VEHICULOS DE BATERÍA ELÉCTRICOS (BEV / VE). EXTRAÍDO DE: VEHICLES AND FLEET EUROPEAN ALTERNATIVE FUELS OBSERVATORY (EUROPEAN COMMISSION, 2025A)	14
FIG. 3 NÚMERO DE NUEVOS REGISTROS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS DE PASAJEROS EN LOS ÚLTIMOS SEIS AÑOS. EXTRAÍDO DE: VEHICLES AND FLEET EUROPEAN ALTERNATIVE FUELS OBSERVATORY (EUROPEAN COMMISSION, 2025A)	14
FIG. 4 NÚMERO TOTAL DE VEHÍCULOS DE PASAJEROS DE COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS (BEV, PHEV, H2, LPG, CNG, LNG). EXTRAÍDO DE: VEHICLES AND FLEET EUROPEAN ALTERNATIVE FUELS OBSERVATORY (EUROPEAN COMMISSION, 2025A)	15
FIG. 5 NÚMERO DE NUEVOS REGISTROS DE VEHÍCULOS DE PASAJEROS DE COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS (BEV, PHEV, H2, LPG, CNG, LNG). EXTRAÍDO DE: VEHICLES AND FLEET EUROPEAN ALTERNATIVE FUELS OBSERVATORY (EUROPEAN COMMISSION, 2025A)	15
FIG. 6 DEMANDA Y CAPACIDAD ANUNCIADA PARA EL RECICLAJE DE BATERÍAS DE LITIO EN EUROPA.. EXTRAÍDO DE: (STEPHAN, M., 2024)	18
FIG. 7 MERCADO GLOBAL DE BATERÍAS BAJAS DE CARBON 2024-2033 (POR TIPO DE BATERÍA). EXTRAÍDO DE: GLOBAL LOW-CARBON BATTERIES MARKET SIZE, TRENDS, SHARE 2033 (KHARRATI, K., 2024)	19
FIG. 8 TABLA COMPARATIVA ENTRE LOS DIFERENTES PROCESOS DE RECICLAJE DE BATERÍAS. TABLA REALIZADA POR EL AUTOR EMPLEANDO LOS DATOS EXTRAÍDOS DE NOVOCYCLE: (BOSNA, F., 2024)	29
FIG. 9 MAPA REALIZADO POR EL AUTOR, LLEVANDO A CABO UNA MEDIA DE LOS RATIOS DE RECUPERACIÓN DE LAS EMPRESAS DE RECICLAJE POR PAÍS DONDE OPERAN.	30
FIG. 10 ORGANIGRAMA REALIZADO POR EL AUTOR, RESALTANDO LA OPINIÓN DEL CONSUMIDOR SEGÚN UN ESTUDIO REALIZADO POR DELOITTE. (PROFF, H. BOWMAN, K. ROBINSON, R. BARBER, C., 2024)	32
FIG. 11 REALIZADO POR EL AUTOR, MAPA DEL TIEMPO CON LAS REGULACIONES DE LA RWTH AACHEN UNIVERSITY: (HANS HEIMES ET AL., 2024)	33
FIG. 12 REALIZADO POR EL AUTOR, ANÁLISIS DAFO CORTO-MEDIO PLAZO (5-10 AÑOS).....	44
FIG. 13 REALIZADO POR EL AUTOR, ANÁLISIS DAFO LARGO PLAZO (10-15 AÑOS).....	46

Tabla de acrónimos

Acrónimos usados en el trabajo	
BEV / VE	Battery Electric Vehicle / Vehículo eléctrico
CAGR	Compound Annual Growth Rate
CAM	Cathode Active Materials
CNG	Compressed Natural Gas
EIB	European Investment Bank
EREV	Extended Range Electric Vehicles
ESS	Energy Storage System
EoL	End-of-Life
EU	European Union
EV	Electric Vehicle
GHG	Greenhouse gases
H2	Hydrogen Engine
ICE	Internal Combustion Engine
LiB	Lithium-ion battery
LNG	Liquefied Natural Gas
LPG	Liquefied Petroleum Gas
OEM	Original Equipment Manufacturer
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle
P-CAM	Precursor-Cathode Active Material
SSB	Solid-state Battery
SIB/NiBs	Sodium-ion Battery

I. Introducción

A medida que se acelera la adopción de los vehículos eléctricos (BEV), la demanda de las soluciones sostenibles para la gestión de las baterías al final de su vida útil se está convirtiendo en una prioridad empresarial fundamental para los fabricantes de equipos originales de automoción (OEM). Las presiones normativas derivadas de la Ley de baterías 2023 de la UE, las vulnerabilidades de la cadena de suministro y las preocupaciones medioambientales han creado una necesidad acuciante de desarrollar capacidades de reciclaje de baterías de los BEV. Retrasar la acción podría conllevar graves riesgos legales, financieros, operativos y de reputación. Por el contrario, la inversión temprana en reciclaje ofrece la oportunidad de obtener ventajas competitivas, aprovechar nuevas fuentes de ingresos y mitigar riesgos futuros.

Al igual que es crucial lograr la independencia de las materias primas mediante procesos de reciclado para reutilizarlas, también lo es su uso en la producción de pilas a gran escala. De este modo, Europa pretende fomentar una cadena de suministro más resistente y robusta, que permita abordar al mismo tiempo las preocupaciones medioambientales y alinear los objetivos de sostenibilidad y los marcos normativos. Este estudio ofrece una visión general de alto nivel de las tendencias recientes del sector y este estudio analiza cómo afrontan los fabricantes de equipos originales los principales retos del sector de las baterías para vehículos eléctricos, las limitaciones del mercado y las mejores prácticas que se utilizan en la actualidad. El sector evoluciona rápidamente, con continuas transformaciones en los modelos de baterías, la normativa, las políticas y los procesos de reciclaje.

Objetivos

El objetivo principal de este estudio de mercado es analizar en profundidad las actividades y mejores prácticas implementadas por los fabricantes de equipos originales (OEM) en el ámbito del reciclaje de baterías de vehículos eléctricos (BEV), dentro del contexto europeo e internacional. Este análisis busca proporcionar una visión integral sobre cómo los principales actores del sector están gestionando los retos ambientales, tecnológicos, regulatorios y económicos asociados a la transición hacia una movilidad más sostenible.

En particular, el estudio se propone:

- Identificar las estrategias adoptadas por los OEM líderes en materia de reciclaje, incluyendo modelos de gestión interna, colaboración con terceros

Estudio de mercado sobre las actividades y mejores prácticas llevadas a cabo por las OEM en el reciclaje de las baterías de los vehículos eléctricos.

(recicladores, startups, centros de investigación) y alianzas público-privadas que favorezcan el desarrollo de una economía circular.

- Evaluar las tecnologías y procesos innovadores que están siendo implementados para mejorar la eficiencia, seguridad y sostenibilidad del reciclaje de baterías, como el uso de inteligencia artificial, automatización, trazabilidad digital, ecodiseño y nuevos métodos de recuperación de materiales críticos.
- Detectar las mejores prácticas operativas y de sostenibilidad, entendidas como aquellas acciones que permiten a los OEM no solo cumplir con la normativa vigente, sino también anticiparse a futuras exigencias regulatorias y mejorar su desempeño ambiental y reputación corporativa.
- Analizar la respuesta de los OEM ante los desafíos normativos y logísticos, incluyendo el cumplimiento del Reglamento de Baterías de la UE, la gestión de residuos peligrosos, el transporte y almacenamiento de baterías fuera de uso, así como la trazabilidad de materiales a lo largo del ciclo de vida del producto.
- Comparar el grado de madurez y compromiso de diferentes fabricantes, identificando tendencias comunes y diferenciadoras entre empresas, regiones y modelos de negocio, con el fin de ofrecer recomendaciones basadas en benchmarking sectorial.
- Proponer oportunidades de mejora y líneas de acción futura, basadas en los casos de éxito detectados, con el objetivo de fomentar la replicabilidad de buenas prácticas en el conjunto de la industria, y contribuir al fortalecimiento de una cadena de valor sostenible y competitiva.

En definitiva, este estudio pretende ser una herramienta útil para entender el papel estratégico que juegan los OEM en el cierre del ciclo de vida de las baterías, y cómo sus decisiones actuales condicionan el éxito de la transición energética y la consolidación de una industria verde en Europa.

Metodologías

El presente estudio analiza en profundidad el estado actual y las perspectivas del mercado europeo de baterías para vehículos eléctricos de batería (BEV), destacando su evolución, tendencias, innovaciones, regulaciones y desafíos.

En los últimos años, el mercado mundial de baterías ha experimentado un notable crecimiento, alcanzando un valor aproximado de 120.000 millones de dólares

Estudio de mercado sobre las actividades y mejores prácticas llevadas a cabo por las OEM en el reciclaje de las baterías de los vehículos eléctricos.

en 2023, de los cuales Europa representa el 25%. Este dinamismo se atribuye a factores clave como la presión regulatoria, la transición energética y la creciente demanda de soluciones sostenibles. En concreto, se espera que el mercado europeo de BEV mantenga una tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) del 10,5% entre 2024 y 2029, lo que llevaría a alcanzar un volumen estimado de 227.100 millones de euros para ese año. (*Battery Electric Vehicles - Europe, 2024*)

Uno de los principales impulsores de este crecimiento es la mayor concienciación medioambiental de los consumidores, combinada con políticas públicas que promueven la movilidad eléctrica. Desde inicios de 2024, se han vendido más de 875.000 nuevos BEV en Europa. Factores como la asequibilidad, los incentivos gubernamentales y la sostenibilidad influyen significativamente en las decisiones de compra, y se estima que cerca del 80% de los consumidores europeos priorizan prácticas sostenibles. Asimismo, la reducción del coste de las baterías ha sido determinante para mejorar la accesibilidad del mercado: desde 2010, los precios han caído alrededor de un 80%, y solo en 2023 el precio medio de los paquetes de baterías de iones de litio descendió un 20%, situándose en 115 dólares por kWh. Esta disminución se debe, entre otros motivos, al exceso de oferta y a la revisión de la demanda en mercados clave como China. (Catsaros, O., 2024)

En el ámbito del reciclaje, Europa está aumentando rápidamente su capacidad. Para finales de 2024 se prevé que se alcancen las 300.000 toneladas anuales de reciclaje de baterías de ion-litio (LIB), casi el doble que en 2023. Se destacan los proyectos anunciados por empresas como Li-Cycle en Magdeburgo, Eramet en Dunkerque y Re.Lion.Bat en Meppen. Para 2030, se estima que la capacidad total de recuperación de materiales en Europa alcanzará las 900.000 toneladas anuales, más del doble de la capacidad actual de pretratamiento, lo que refleja una apuesta decidida por el reciclaje como pilar de la sostenibilidad.

Dentro de las tendencias del sector, se observa una variedad de enfoques por parte de los actores industriales. Aunque todos persiguen la sostenibilidad, no siguen una única ruta: mientras algunas empresas construyen sus propias plantas de reciclaje, otras prefieren asociarse con especialistas, lo cual ofrece ventajas en flexibilidad y costes a corto y medio plazo. No obstante, el reciclaje interno puede ser más rentable para grandes volúmenes en el largo plazo. Por otro lado, se está impulsando la innovación en tecnologías de batería, con especial atención a las de estado sólido y a las baterías de iones de sodio, capaces de operar en condiciones extremas. Estas nuevas tecnologías prometen un mejor rendimiento, mayor seguridad

y densidad energética. Paralelamente, procesos de reciclaje como el Hydro-to-Cathode, patentado por Ascend Elements, están simplificando y optimizando la recuperación de materiales valiosos, elevando la eficiencia de todo el sistema.

El panorama competitivo en el reciclaje de baterías se amplía constantemente con la participación de actores relevantes tanto en Europa como a nivel mundial. Empresas como Northvolt, Fortum, Umicore, Suez y Primobius están liderando los avances tecnológicos en este ámbito, ayudando a reducir la dependencia de materias primas vírgenes. Asimismo, firmas como Li-Cycle y Encory están desarrollando cadenas de suministro sostenibles mediante la construcción de nuevas instalaciones en territorio europeo. Estos esfuerzos están alineados con los objetivos del Pacto Verde Europeo, que busca avanzar hacia una economía más circular y descarbonizada.

Los fabricantes de automóviles también están desempeñando un papel crucial. Volkswagen, por ejemplo, ha invertido en una planta de reciclaje en Salzgitter (Alemania), centrada en la recuperación de metales valiosos. Mercedes-Benz, en colaboración con Primobius, ha abierto una moderna instalación en Kuppenheim que emplea procesos hidrometalúrgicos avanzados. BMW, junto con Encory, está desarrollando un centro de reciclaje en Kirchroth, donde se aplicará el reciclaje directo para reincorporar materiales en la fabricación de baterías. Por su parte, Stellantis apuesta por la reutilización de baterías en proyectos de almacenamiento de energía, apoyando así la transición energética europea.

La perspectiva del consumidor es otro elemento fundamental en este análisis. A medida que la industria automotriz se transforma, los consumidores muestran una mayor conciencia sobre el impacto ambiental de los vehículos de combustión interna y el uso de recursos no renovables. Los consumidores jóvenes, en particular, priorizan la sostenibilidad, aunque otros segmentos del mercado siguen valorando más el ahorro o la comodidad. Las mejoras en la infraestructura de recarga y los incentivos gubernamentales han contribuido a reducir barreras, aunque persisten desafíos como la ansiedad por la autonomía, los costes iniciales y la complejidad tecnológica. Para lograr una adopción más generalizada de los BEV, será necesario seguir innovando en tecnología y políticas públicas que mitiguen estas preocupaciones.

En cuanto al marco normativo, la Unión Europea ha establecido una serie de objetivos alineados con el Acuerdo de París y el Pacto Verde. El Reglamento de Pilas de 2023 establece metas claras para mejorar el reciclaje, el contenido de materiales reciclados y la recuperación de materias primas críticas como el cobalto, el níquel y el

litio. Por ejemplo, se prevé alcanzar una tasa de reciclaje del 79% para baterías de transporte ligero y medio en 2029, y del 85% en 2031. Además, para 2031, al menos el 16% del cobalto, el 6% del níquel y el 6% del litio de las nuevas baterías deberán provenir de fuentes recicladas. Estas medidas están incentivando la innovación tecnológica, fomentando nuevas inversiones y creando oportunidades económicas en sectores clave de la transición verde.

Finalmente, el análisis DAFO y PESTEL revela que el mercado de baterías para BEV en Europa se encuentra en una posición sólida, aunque enfrenta desafíos relevantes. Entre las fortalezas se encuentran los avances tecnológicos, la reducción de costes y el respaldo normativo. Las debilidades incluyen el alto coste inicial de los vehículos, la presión sobre la cadena de suministro de materias primas y la falta de infraestructura de reciclaje plenamente desarrollada. Las oportunidades se centran en la expansión del reciclaje, la reutilización de baterías de segunda vida y las asociaciones estratégicas. Por otro lado, las amenazas provienen de la competencia global, los cambios regulatorios y la aparición de tecnologías alternativas disruptivas.

En conclusión, el mercado europeo de baterías para BEV está en plena transformación, marcado por una fuerte innovación, regulaciones ambiciosas y una demanda creciente por parte de consumidores más conscientes. Si se abordan adecuadamente los desafíos actuales, el sector tiene un potencial significativo para liderar la transición hacia una movilidad más limpia y sostenible.

II. Visión general del mercado

El mercado de los vehículos eléctricos de batería en Europa ha experimentado un crecimiento sustancial en los últimos años, impulsado por la confluencia de factores que influyen en el comportamiento de los consumidores, la política gubernamental, los avances tecnológicos y las condiciones del mercado. Estos factores han contribuido colectivamente a configurar el estado actual del mercado.

En primer lugar, las preferencias de los consumidores. La creciente conciencia medioambiental de los consumidores europeos ha impulsado la demanda de opciones de transporte con cero emisiones. Los BEV, con sus cero emisiones de tubo de escape, se han convertido en la opción preferida de los clientes que buscan alternativas sostenibles a los vehículos tradicionales con motor de combustión interna. La creciente preocupación por la contaminación atmosférica y las emisiones de gases de efecto invernadero ha impulsado aún más este cambio.

En segundo lugar, el desarrollo de infraestructuras. La adopción de los BEV se ha visto respaldada por importantes inversiones en infraestructuras de recarga en toda Europa. Entre 2021 y 2023, el número de estaciones de carga en Europa y Turquía creció un 48,11%, con más de 535.700 estaciones disponibles en 2022. Esta expansión es fundamental para abordar las preocupaciones de los consumidores sobre la ansiedad de autonomía y garantizar la viabilidad de los BEV para el uso diario y los viajes de larga distancia.

Otro factor clave son los avances tecnológicos, ya que las mejoras en la tecnología de las baterías han aumentado la autonomía y el rendimiento de los BEV, convirtiéndolos en una alternativa competitiva a los vehículos tradicionales. Además, el apoyo normativo y político ha desempeñado un papel fundamental en la aceleración de la adopción de los BEV. Los fabricantes de automóviles están obligados a cumplir normas estrictas, lo que incentiva las inversiones en tecnología de VE. Por ello, los gobiernos de toda la región ofrecen una serie de subvenciones e incentivos, como créditos fiscales, acceso a zonas restringidas y aparcamiento preferente, que han hecho que los BEV sean más asequibles y atractivos para los consumidores.

Por último, los factores macroeconómicos. La financiación pública y el apoyo a los fabricantes de automóviles para desarrollar y producir BEV han creado un entorno favorable para el crecimiento del mercado. Al mismo tiempo, el descenso de los costes de las baterías está haciendo que los BEV sean cada vez más competitivos en precio con los vehículos de combustión interna tradicionales, lo que fomenta su adopción.

En 2023, los BEV tenían una cuota de mercado del 14,6% en la Unión Europea, mientras que los vehículos eléctricos híbridos enchufables representaban el 7,7%. La mayor tasa de adopción de BEV se correlaciona con los esfuerzos en curso para mejorar la infraestructura y aplicar políticas favorables, lo que garantiza un crecimiento sostenido.

Este estudio se centra exclusivamente en los BEV:

- Vehículos eléctricos de batería (BEV)
- Vehículos eléctricos puros
- Vehículos totalmente eléctricos

Los siguientes tipos de vehículos quedan fuera del ámbito de aplicación:

- Vehículos eléctricos híbridos enchufables (PHEV)

- Vehículos eléctricos de pila de combustible (FCEV)
- Vehículos eléctricos de autonomía extendida (E-REV)
- Vehículos eléctricos híbridos completos (HEV)
- Vehículos eléctricos híbridos suaves (MHEV)
- Microvehículos eléctricos híbridos

El estudio ofrece un análisis en profundidad del mercado de los BEV en Europa, comparándolo con otros tipos de vehículos en términos de crecimiento, proyecciones y diferenciadores clave. También examina las variaciones del mercado entre países, destacando los factores locales que influyen en la adopción del BEV.

También se analiza el mercado del reciclaje de BEV, con la ayuda de una segmentación sobre los tipos de baterías existentes en el mercado. antiguas y futuras generaciones de baterías para comprenderlas mejor. Gracias a este análisis, es más fácil identificar la cuota de mercado del reciclado de BEV en la UE.

A pesar de algunas incertidumbres económicas recientes, el mercado de los BEV ha mostrado un sólido crecimiento, apoyado por las innovaciones tecnológicas, la evolución de las preferencias de los consumidores y las mejoras de las infraestructuras. A finales de 2023 se esperaba que hubiera en las carreteras europeas más de 1,5 millones de BEV, lo que subraya la resistencia del mercado y su potencial a largo plazo. Como puede verse en los siguientes gráficos:

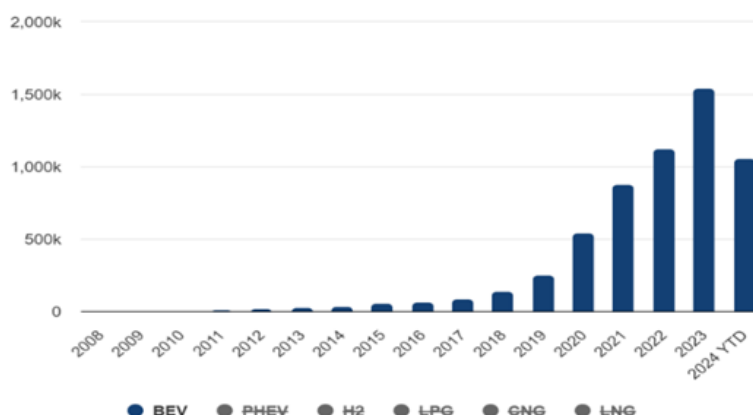


Fig. 1 Total de vehículos eléctricos de pasajeros extraído de: [Vehicles and fleet | European Alternative Fuels Observatory](#) (European Commission, 2025a)

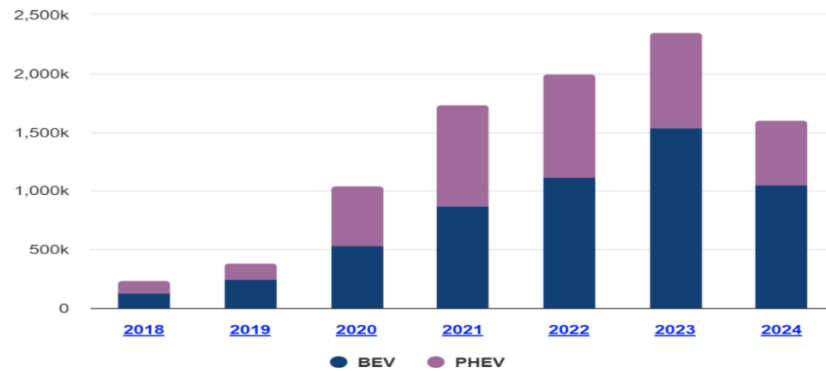


Fig. 2 Número de nuevos registros de vehículos eléctricos de pasajeros en los últimos cinco años. Comparación entre los híbridos enchufables (PHEV) y los vehículos de batería eléctrica (BEV / VE).
Extraído de: [Vehicles and fleet | European Alternative Fuels Observatory](#) (European Commission, 2025a)

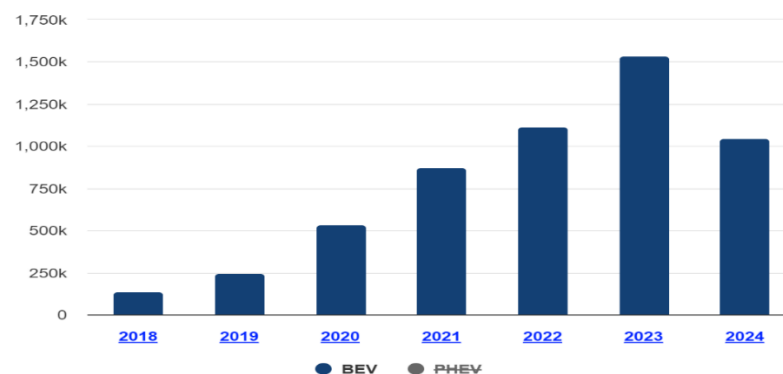


Fig. 3 Número de nuevos registros de vehículos eléctricos de pasajeros en los últimos seis años. Extraído de: [Vehicles and fleet | European Alternative Fuels Observatory](#) (European Commission, 2025a)

Como se ilustra en los gráficos anteriores, el mercado de los BEV ha experimentado una evolución significativa desde sus primeras etapas en torno a 2011. Durante este periodo, el mercado ha crecido considerablemente, impulsado por los factores mencionados anteriormente, que se destacan en estos gráficos. La influencia decisiva de estos factores en la configuración de la trayectoria del mercado, está conduciendo a su continua expansión en la actualidad.

Sin embargo, el mercado se enfrenta actualmente a un declive en el volumen de mercado de los BEV, mostrando un descenso del 5,9% en comparación con el año pasado. El resultado es una cuota de mercado total del 13,6% para 2024, frente al 14,6% de 2023. En diciembre de 2024, las matriculaciones de BEVs disminuyeron significativamente, cayendo un 10,2% a 144.367 unidades. Este descenso se atribuye principalmente a las fuertes caídas registradas en Alemania (-38,6%), Francia (-20,7%) e Italia (-14,8%).

Estudio de mercado sobre las actividades y mejores prácticas llevadas a cabo por las OEM en el reciclaje de las baterías de los vehículos eléctricos.

Por el contrario, el mercado español demostró su capacidad de recuperación, alcanzando una tasa de crecimiento positiva del +49,6%, lo que supone un saludable repunte. (Kennard, B. Hoez, J. Nogueira Gomes, P., 2025)

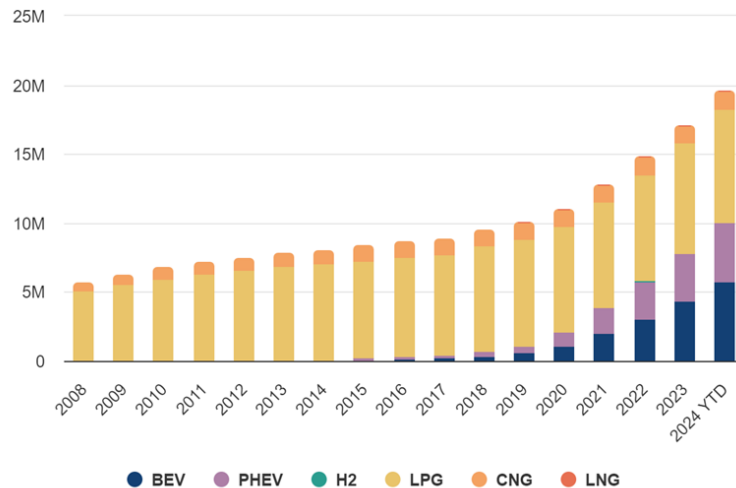


Fig. 4 Número total de vehículos de pasajeros de combustibles alternativos (BEV, PHEV, H2, LPG, CNG, LNG). Extraído de: [Vehicles and fleet | European Alternative Fuels Observatory](#) (European Commission, 2025a)

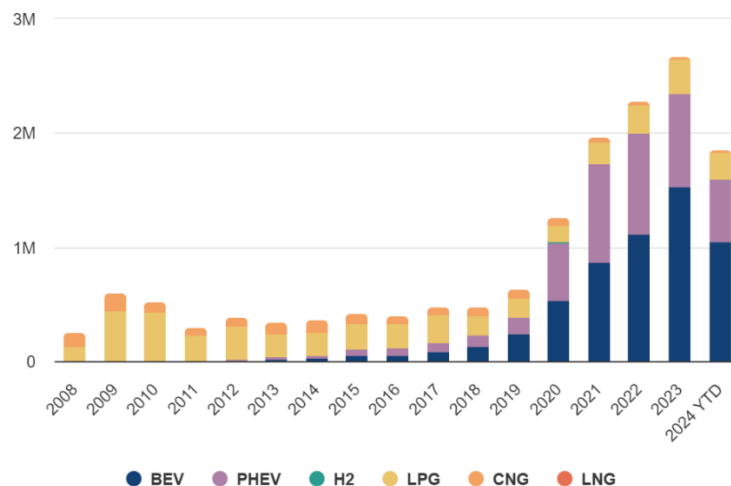


Fig. 5 Número de nuevos registros de vehículos de pasajeros de combustibles alternativos (BEV, PHEV, H2, LPG, CNG, LNG). Extraído de: [Vehicles and fleet | European Alternative Fuels Observatory](#) (European Commission, 2025a)

Estudio de mercado sobre las actividades y mejores prácticas llevadas a cabo por las OEM en el reciclaje de las baterías de los vehículos eléctricos.

Los gráficos anteriores ilustran la evolución de las matriculaciones totales de vehículos en función de los distintos tipos de combustible y ponen de relieve las tendencias clave del mercado automovilístico. Entre ellos, los BEV se han convertido en el segmento de mayor crecimiento. En comparación con otros combustibles alternativos como el gas licuado de petróleo (GLP), el gas natural comprimido (GNC) y los vehículos eléctricos híbridos enchufables (PHEV). Los BEV muestran una clara trayectoria ascendente, mientras que los demás tipos de combustible han mostrado un crecimiento relativamente estable o más lento a lo largo del tiempo.

En el primer gráfico, observamos que la flota de GLP sigue siendo mayor que la de todos los demás tipos de combustible alternativo. En los últimos cinco años, el GLP ha mantenido una posición dominante en el número total de flotas, aunque la diferencia entre el GLP y los BEV se ha reducido significativamente. Por ejemplo:

- En 2019, el total de GLP se situó en 7.749.328 frente a solo 628.244 BEV.
- En 2022, las flotas de GLP ascendían a 7.740.342, mientras que las de BEV habían aumentado a 3.080.913.
- En 2023, el GLP seguía a la cabeza con 8.267.228 vehículos, pero los BEV habían crecido espectacularmente hasta los 5.820.311.

Curiosamente, los PHEV solo superaron brevemente a los BEV en tamaño de flota en 2017, con una diferencia marginal de 6.066 vehículos. Desde entonces, los PHEV se han quedado constantemente por detrás de los BEV en términos de crecimiento y cuota de mercado.

Los datos subrayan el impacto transformador de los vehículos de combustible alternativo, en particular los BEV, en el mercado de la automoción. La creciente preferencia por los vehículos respetuosos con el medio ambiente queda patente en el aumento de las matriculaciones de BEV y PHEV, como se refleja en el primer gráfico. Por el contrario, los combustibles tradicionales, como el GLP y el ICE, han experimentado un notable descenso de su cuota de mercado en los últimos años.

Este cambio refleja la evolución de las prioridades de los consumidores, con una mayor concienciación sobre la sostenibilidad que impulsa la demanda de opciones de transporte más ecológicas. Los BEV están a la cabeza de este transporte, mostrando un crecimiento sustancial y acaparando una parte importante de la industria automovilística.

Los gráficos revelan la dinámica competencia entre los tipos de combustibles alternativos, con los BEV estableciendo un claro liderazgo. Aunque el GLP sigue siendo un actor importante en el tamaño total de la flota, su crecimiento es mucho menos pronunciado en comparación con la rápida expansión de los BEV. Esta tendencia pone de manifiesto la evolución de la industria automovilística, en la que los avances tecnológicos, las presiones normativas y la concienciación de los consumidores están reconfigurando la dinámica del mercado en favor de la movilidad eléctrica.

Comprender las tendencias y los cambios en el mercado de la automoción proporciona una base para analizar el tamaño del mercado de la industria del reciclaje de BEV. A medida que aumenta la demanda de BEV, también lo hace la necesidad de una industria de reciclaje eficiente y con capacidad de respuesta. Este crecimiento se ve reforzado por las estrictas cuotas legales de recogida y reciclaje, la expansión de la industria europea de fabricación de baterías y los residuos de producción generados durante la fabricación de las células. Las instalaciones de reciclado en Europa funcionan en dos fases distintas: radios y centros, cada una de las cuales cumple una función específica en el proceso de reciclado.

La fase de radios representa la etapa inicial, conocida como pretratamiento. En ella se recogen, descargan y desmontan las pilas usadas. A continuación, se procesan mecánicamente o mediante pirólisis, lo que da lugar a la producción de mas negro. Este material contiene componentes valiosos como litio (Li), níquel (Ni) y cobalto (Co), esenciales para la fabricación de baterías.

A continuación, la fase de concentradores consiste en refinar la masa negra para extraer las materias primas. Mediante procesos avanzados como técnicas electroquímicas y mecánicas, los centros recuperan metales valiosos como el litio, el níquel y el cobalto. Recientemente, el enfoque del reciclaje se ha ampliado para incluir otros materiales como el manganeso y el grafito, lo que refleja el compromiso de la industria de maximizar la recuperación de recursos.

El mercado europeo del reciclaje de pilas está creciendo a un ritmo impresionante, con importantes inversiones en infraestructuras y ampliación de la capacidad. A finales de 2024, se esperaba que la capacidad total de pretratamiento en radios alcanzara las 300.000 toneladas anuales, casi el doble que en 2023.

La expansión está siendo impulsada por importantes iniciativas, incluidas las nuevas instalaciones de Li-Cycle en Magdeburgo, Eramet en Dunkerque y Re.Lion.Bat

Estudio de mercado sobre las actividades y mejores prácticas llevadas a cabo por las OEM en el reciclaje de las baterías de los vehículos eléctricos.

en Meppen. Se prevén nuevos aumentos de capacidad, con proyecciones de 330.000 toneladas anuales para 2026 y 370.000 toneladas anuales para 2030.

Mientras tanto, los centros dedicados al refinamiento y la recuperación de la masa negra también se están ampliando. Para 2030, se prevé que su capacidad combinada de recuperación de materiales alcance la impresionante cifra de 900.000 toneladas anuales, más del doble de la capacidad de los radios. Este fuerte crecimiento subraya el compromiso del sector por cerrar el ciclo de vida de las baterías y reducir la dependencia de la extracción de materiales vírgenes.

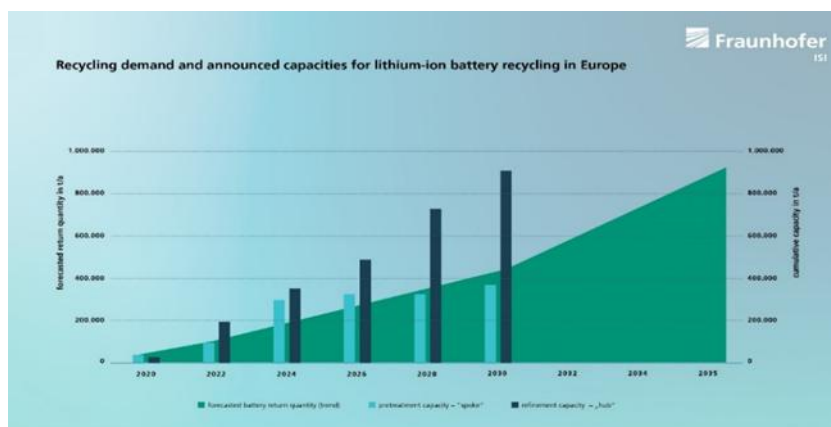


Fig. 6 Demanda y capacidad anunciada para el reciclaje de baterías de litio en Europa.. Extraído de: (Stephan, M., 2024)

La expansión del mercado de reciclaje de baterías de VE refleja una tendencia más amplia hacia la sostenibilidad y la circularidad en el sector de los BEV. Mediante la recuperación de materiales valiosos y menos comúnmente reciclados, la industria está abordando los retos medioambientales al tiempo que satisface la creciente demanda de baterías para vehículos eléctricos. Este progreso posiciona a Europa como líder en la gestión sostenible de baterías impulsando la innovación y fomentando la resiliencia ante un panorama automovilístico en rápida evolución. (Stephan, M., 2024)

Las tendencias actuales del mercado ponen de relieve los importantes esfuerzos realizados por los fabricantes de equipos originales para mejorar la eficiencia de las baterías, centrándose en el rendimiento, el reciclaje y la seguridad. Estas tendencias se reflejan en el gráfico siguiente y se explicarán en detalle en el siguiente punto.

El gráfico prevé el crecimiento del mercado de baterías segmentado por tipo de batería entre 2023 y 2033. Este crecimiento tendrá un impacto directo en la industria

Estudio de mercado sobre las actividades y mejores prácticas llevadas a cabo por las OEM en el reciclaje de las baterías de los vehículos eléctricos.

del reciclaje, ya que el aumento de la demanda de baterías conllevará un mayor volumen de baterías fuera de uso. En consecuencia, los recicladores deberán invertir en tecnologías avanzadas para procesar nuevas generaciones de baterías, ampliando la capacidad de la actual infraestructura de reciclaje.

Por ejemplo, a medida que las empresas vayan desarrollando nuevas generaciones de baterías, esto planteará retos iniciales, ya que los recicladores tendrán que adaptarse y desarrollar nuevos procesos de desmontaje, pretratamiento y reciclado. Incluso habiendo considerado estos retos en el proceso de diseño.

Como se muestra en el gráfico, se prevé que varias tecnologías de baterías crezcan entre 2023 y 2033, aunque a ritmos diferentes. Ilustra la cuota de mercado prevista de cinco tipos principales de baterías, mientras que «otros» representa tecnologías emergentes o de nicho. Las preferencias de producción de los fabricantes de equipos originales determinarán la adopción generalizada de determinados tipos de baterías, influidas por factores como el rendimiento, el coste, la seguridad y la eficiencia del reciclado. A pesar de las posibles variaciones entre estas tecnologías, se prevé que la demanda global de baterías de todos estos tipos se mantenga relativamente constante.

Según han publicado algunos fabricantes de equipos originales, los tipos de baterías que probablemente adquieran mayor potencial y relevancia en el mercado en los próximos años son las LIB, SSB y SIB. Se espera que estas tecnologías desempeñen un papel importante a la hora de satisfacer la futura demanda de energía, al tiempo que impulsan la innovación en el rendimiento, la seguridad y la reciclabilidad de las baterías.

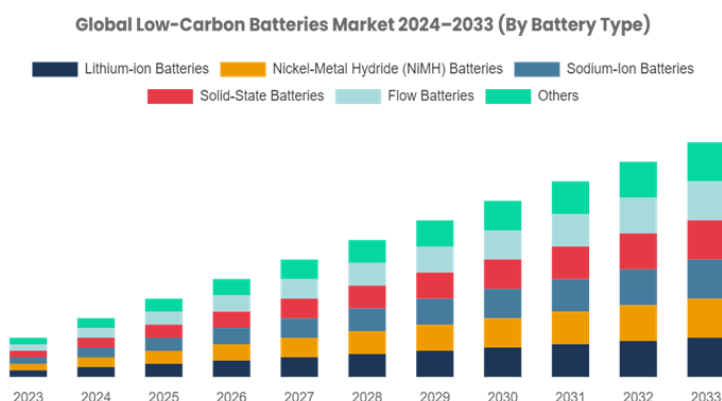


Fig. 7 Mercado global de baterías bajas de carbon 2024-2033 (Por tipo de batería). Extraído de: [Global Low-Carbon Batteries Market Size, Trends, Share 2033](#) (Kharrati, K., 2024)

Estudio de mercado sobre las actividades y mejores prácticas llevadas a cabo por las OEM en el reciclaje de las baterías de los vehículos eléctricos.

III. Principales tendencias e impulsores.

Las empresas integran cada vez más la IA para controlar el SOH de las baterías, lo que permite un seguimiento exhaustivo a lo largo de su ciclo de vida. Esta tecnología permite a las empresas reutilizar las baterías para aplicaciones secundarias, como el almacenamiento de energía. Cuando el SOH de una batería se mantiene por encima del 60%, puede dejar de ser viable para su uso en vehículos (ya que el EoL de las baterías es cuando el SOH está por debajo del 80%) debido a la disminución de su rendimiento, pero aún puede proporcionar energía para otros fines, como alimentar las operaciones en las plantas de fabricación.

Los nuevos modelos de baterías están ganando terreno, incluidas las de estado sólido, como demuestran colaboraciones como la de Mercedes-Benz o Stellantis con Factorial Energy, mientras Toyota sigue desarrollándolas de forma independiente. Del mismo modo, las baterías de iones de sodio están atrayendo la atención de la industria, y CATL lidera los avances en este campo, posicionándolas como una alternativa potencial de próxima generación. (Nolan, C.; Silveira, F.; Roussel, N, 2024)

Esta nueva tecnología de baterías se está diseñando pensando en la reciclabilidad y la seguridad. Los fabricantes se están centrando en que las baterías sean más fáciles de desmontar y reciclar, al tiempo que mejoran las normas de seguridad. Incidentes anteriores de incendios y explosiones de baterías en condiciones específicas han impulsado a los fabricantes de equipos originales a desarrollar diseños más seguros y eficientes, fomentando una mayor competencia y expansión del mercado.

Una ventaja clave de las baterías de iones de sodio de CATL es su capacidad para funcionar a temperaturas extremas, incluso a -40° , un reto para las baterías de iones de litio convencionales. Actualmente están diseñadas para EREVs y PHEVs, pero en el futuro, se podrán implementar en las tecnologías BEVs. (CATL Unveils Freevoy Super Hybrid Battery, *Heralding a New Era of Sustainable Travel*, 2024)

Otra innovación en la seguridad de las baterías procede de 24M, que ha rediseñado las celdas de las baterías tradicionales utilizando la tecnología «Semisolid» de iones de litio. Este enfoque ofrece múltiples ventajas, como un 40% menos de espacio de producción, mayor reciclabilidad y menos emisiones de CO₂ durante la fabricación. Volkswagen se ha asociado con 24M para seguir explorando estos

Estudio de mercado sobre las actividades y mejores prácticas llevadas a cabo por las OEM en el reciclaje de las baterías de los vehículos eléctricos.

avances. En enero de 2024, 24M presentó «Imprevio», un nuevo separador de baterías diseñado para hacer frente a los riesgos de incendio en baterías de vehículos eléctricos, ESS y electrónica de consumo. La sobrecarga de una batería puede provocar la formación de dendritas, que pueden causar cortocircuitos internos, incendios o incluso explosiones. El separador «Imprevio» actúa a nivel de electrodo, impidiendo la propagación de dendritas y reduciendo los riesgos de fallo. (Comitor, J. Tan, P., 2024)

La empresa demostró la eficacia de «Imprevio» en un vídeo de prueba comparativo. Una LiB estándar sin el mencionado separador se sobrecalentó a los 15 minutos y explotó a los 38 minutos. En cambio, una batería equipada con el separador «Imprevio» de 24M no se sobrecalentó ni se incendió ni siquiera tras una hora de sobrecarga, lo que demuestra un avance significativo en la seguridad de las baterías.

Estas innovaciones están reconfigurando la industria, haciendo que las baterías sean más seguras, sostenibles y eficientes, al tiempo que impulsan una mayor competencia y amplían el número de actores clave en el mercado.

Las empresas están desarrollando activamente nuevos procesos de reciclaje para mejorar los índices de recuperación de materiales, haciéndolos más competitivos para los fabricantes de equipos originales y el mercado en general. Las innovaciones en este ámbito se centran en mejorar la eficiencia, la sostenibilidad y la rentabilidad.

Un avance significativo procede de Ascend Elements, que ha introducido las tecnologías Hydro-to-Cathode e Hydro-to-Anode. Este reciclaje directo permite una recuperación más eficiente de los materiales críticos de las pilas, reduciendo los residuos y mejorando la sostenibilidad. Del mismo modo, Altilium Metals ha desarrollado técnicas de reciclaje especializadas, como ECOcathode y ECOanode, diseñadas para aumentar las tasas de recuperación de materiales y minimizar el impacto medioambiental. (Ascend elements, 2024)

A medida que estos avances continúan, la competencia entre las empresas de reciclaje se intensifica, impulsando a la industria hacia soluciones más eficientes y sostenibles. Al tiempo que se reduce el consumo de agua y disminuye la huella ecológica asociada a los procesos hidrometalúrgicos y pirometalúrgicos.

Las consideraciones sobre la reutilización del uso de las baterías EoL también está ganando tracción en este mercado, que se explica con más detalle en el siguiente punto, ya que algunos OEM están desarrollando sus operaciones al respecto.

IV. Panorama competitivo.

Esta sección ofrece una visión general de los principales actores del mercado de reciclaje de baterías, destacando sus estrategias, operaciones y posicionamiento competitivo. Dada la naturaleza evolutiva del mercado, con frecuencia surgen nuevos participantes, mientras que otros abandonan debido a su complejidad y a los retos normativos. A pesar de ello, varias empresas consolidadas siguen liderando el sector, mientras que otras están surgiendo como nuevos participantes. Entre los principales actores del mercado figuran:

Northvolt una empresa sueca, como uno de los actores más famosos del mercado pero que actualmente atraviesa situaciones inconvenientes. La empresa lanzó un proyecto de planta de reciclaje (rebrand) como Revolt. Y además, la empresa Hydrovolt, una empresa conjunta con Hydro (una empresa noruega de aluminio y energías renovables), para rehacer la imagen de la empresa y buscar diferentes financiaciones. Pero que ha sido completamente adquirida por Hydro en las últimas semanas. Aumentando Hydro su participación del 72 al 100%. (Molland, H. Rambol Hagen, M., 2025)

Hydrovolt es una empresa de reciclaje de baterías y materias primas creada en 2020 como una empresa conjunta al 50 % entre cada empresa. Desde la segunda mitad de 2024, Hydro financia las operaciones en solitario. Se espera que la transacción se cierre a finales del primer trimestre de 2025, ya que aún quedan condiciones pendientes, incluida la aprobación por parte de los tribunales pertinentes de acuerdo con el proceso del Capítulo 11 de Northvolt.

El programa de reciclaje de Northvolt Revolt ha demostrado la capacidad de recuperar hasta el 95% de materiales valiosos como níquel, manganeso y cobalto de las baterías usadas. Esta elevada tasa de recuperación se consigue mediante una combinación de procesos mecánicos y tratamientos hidrometalúrgicos, que extraen eficazmente estos metales para su reutilización en la producción de nuevas baterías.

Actualmente está en observación debido a su quiebra, ya que sus empresas conjuntas como BMW han sido canceladas y Volvo también ha decidido no seguir colaborando. Actualmente, la empresa está tomando medidas para buscar financiación.

Todo empezó en junio, cuando BMW canceló un contrato multimillonario (2.000 millones de euros). Por aquel entonces, pocos vieron la importancia de la medida, que

Estudio de mercado sobre las actividades y mejores prácticas llevadas a cabo por las OEM en el reciclaje de las baterías de los vehículos eléctricos.

de hecho inició una cuenta atrás que culminaría en una quiebra menos de seis meses después. (Bloomberg News, 2024)

A finales de junio, Volkswagen, propietaria del 23% de Northvolt, estaba dispuesta a intervenir, pero el gigante automovilístico alemán se enfrentaba a su propia crisis. A finales de verano, con las ventas de vehículos eléctricos estancadas en Europa y su lucrativo negocio chino en declive, VW convocó cierres de fábricas sin precedentes en Alemania.

Con el telón de fondo de decenas de miles de despidos potenciales en VW, la financiación de Northvolt quedó descartada y, en agosto, VW se retiró del plan de capital. Pero la relación continúa.

El consejero delegado de Northvolt, Peter Carlsson, admite que cometieron errores en la ampliación de la planta, y que probablemente debería haber frenado antes algunas de las vías de expansión de su fábrica sueca.

En esta tendencia podrían influir, como se ha mencionado, la cancelación de un pedido de baterías por valor de 2.000 millones de euros, el hecho de que Volvo Cars se hiciera con la propiedad de la empresa conjunta NOVO Energy debido a que Northvolt no ha cumplido sus obligaciones de financiación, y algunos casos como el de enero del año pasado, en el que un empleado de 33 años fue encontrado muerto en su cama después de trabajar un turno en la planta. Un mes después, un joven de 19 años que trabajaba en la empresa murió misteriosamente en su cama tras su turno. En junio, otro hombre, de unos 60 años, también se desplomó y murió en su casa tras volver del trabajo sin motivo claro. (Mossalgue, J., 2024; Volvo Cars Media Relations, 2024)

Mostrando al mercado, que, en los procesos gestionados por ellos, no se cumple con las normas y medidas de seguridad adecuadas. Han empezado a salir a la luz algunos informes en los que los trabajadores se quejan de condiciones inseguras al verse «obligados» a manipular residuos tóxicos sin el equipo adecuado.

Por otro lado, Altilium Metals es la única empresa del Reino Unido que recicla un flujo mixto de baterías de vehículos eléctricos y residuos de producción para producir precursores de alto contenido en níquel (P-CAM) y materiales activos catódicos (CAM) acabados para su reutilización directa en la fabricación de nuevas baterías de vehículos eléctricos. Su proceso hidrometalúrgico EcoCathode está

diseñado para todos los tamaños y tipos de baterías, y recupera más del 95% de los minerales críticos, incluidos el litio y el níquel.

A su vez, el proceso EcoAnode de Altilium permite recuperar más del 99% del grafito de las baterías de los vehículos al final de su vida útil. Pruebas exhaustivas han demostrado que el grafito reciclado iguala la pureza y las propiedades físicas de las fuentes primarias, ofreciendo una alternativa ecológica y circular a los materiales vírgenes. La empresa también se encarga del transporte sin emisiones de las baterías EoL para su posterior tratamiento.

Otro actor clave es Ascend Elements, una empresa estadounidense que ha patentado su propio proceso conocido como Hydro-to-Cathode. Se trata de un proceso de síntesis directa de precursores que aumenta el rendimiento y el valor del material. Junto con el proceso Hydro-to-Anode para la recuperación y purificación del grafito. (Ascend elements, 2024)

Su ventaja comienza con una notable innovación que lixivia las impurezas, manteniendo los metales valiosos en solución y eliminando múltiples pasos en el flujo de reciclado. Convirtiendo la hidrometalurgia en el proceso menos eficiente y la pirometalurgia en el proceso menos eficiente.

Estos procesos tradicionales de reciclaje de iones de litio implican muchos pasos que consumen mucha energía. Siendo su proceso más eficiente y más sostenible a la vez que devuelve materiales de mayor nivel a la cadena de suministro. Utilizando una metodología de evaluación del ciclo de vida de los Laboratorios Nacionales Argonne, reduciendo significativamente todo el impacto medioambiental. Mejorando también la rentabilidad del reciclado de baterías. El resultado es hasta un 50% menos de costes y hasta un 90% menos de emisiones de carbono. Recuperando hasta el 98% de los materiales críticos.

Esta empresa ha creado una empresa conjunta con Elemental Strategic Metals con el objetivo de construir instalaciones a lo largo de Polonia y Alemania. La planta de Polonia se inaugurará el 19 de septiembre de 2024. Está situada en Zawercie. Capaz de procesar 12.000 toneladas métricas de baterías de iones de litio usadas al año o aproximadamente 28.000 baterías de vehículos eléctricos al año. (Puczen,S. Frey, T., 2024)

Otra empresa líder en el mercado es Li-Cycle, que recientemente ha llegado a un acuerdo con un importante fabricante de automóviles para reciclar la chatarra de la

fabricación de baterías de iones de litio en su radio de Alemania. Se trata de un acuerdo exclusivo con un fabricante de vehículos de lujo de altas prestaciones, cuyo objetivo es suministrar a la planta de Li-Cycle en Alemania materia prima procedente de este país. Aún no se ha revelado el OEM. (D'souza, S. Diaz, L., 2025)

Esta mencionada planta de Alemania es la mayor de la empresa y se espera que procese hasta 30.000 toneladas de material de baterías de iones de litio al año. Esta instalación está equipada con tecnología avanzada para procesar baterías completas de vehículos eléctricos, lo que refuerza la capacidad de Li-Cycle para gestionar y reciclar eficazmente los residuos de baterías en Europa.

Mediante su proceso hidrometalúrgico son capaces de recuperar el 95% de los minerales críticos, para reintroducirlos en el proceso de fabricación. En estrecha colaboración con Glencore en varios proyectos. En marzo de 2024, Glencore realizó una inversión de 75 millones de dólares en Li-Cycle, reforzando su asociación a largo plazo.

Otra figura importante en el mercado es Suez, una empresa de reciclaje con sede en París, Francia, anunció en octubre de 2024 la adquisición de una participación del 20% en The Future Is NEUTRAI para asociarse con el Grupo Renault, que a partir de ahora poseerá el 80% de la empresa. Mediante esta colaboración ponen en común sus conocimientos técnicos y capacidades industriales, para construir la nueva cadena de valor en la economía circular del automóvil al vehículo. (Rouget, F. Faucon, J., 2024)

Suez participará compartiendo sus conocimientos sobre el reciclado de automóviles en todas las fases anteriores y posteriores. Con su experiencia en la gestión de residuos de automoción, desde la recogida hasta la recuperación de materiales, en estrecha colaboración con Eramet para alcanzar una tasa de recuperación del 90% en materiales de baterías, a través de su proceso hidrometalúrgico.

Desde 2019 ambas empresas trabajan en el proyecto ReLieVe, que incluye una planta piloto en Trappes, Francia, para evaluar y optimizar los procesos de reciclaje de baterías. Esperando construir una planta industrial en Dunkerque, Francia. (Jeske-Schoenhoven, F., 2024) Sin embargo, la construcción se ha suspendido debido a la incertidumbre en el suministro de materias primas y a la falta de fábricas de baterías en Europa. A pesar de la marcha atrás de Eramet, Suez ha manifestado su intención

de continuar con el proyecto de la planta de reciclaje de baterías, buscando nuevos socios. («Eramine, ReLieVe: discover the interview with Geoff Streeton», 2024)

Otro participante destacado es la empresa finlandesa Fortum. Que combina procesos mecánicos con procesos hidrometalúrgicos para recuperar los materiales críticos en sus plantas de Alemania y Finlandia. Con su proceso son capaces de recuperar el 95% de los materiales críticos de las baterías.

La siguiente es Primobius GmbH, que es el resultado de una empresa conjunta entre la empresa Neometals Ltd., que cotiza en la Bolsa de Australia. y la alemana SMS Group, que ofrece una novedosa solución de reciclado de LiB. Se trata de una solución ecológica para el reciclado de pilas de LiB de desecho. (*Fact Sheet Flyer*, s. f.)

Mediante un proceso patentado único, con bajas emisiones de CO₂, suministra productos químicos de gran pureza al sector de fabricación de baterías. Con la mayor capacidad de trituración y su refinería hidrometalúrgica patentada. Siendo el principal socio tecnológico de la fábrica de reciclaje de baterías de Mercedes Benz en Kuppenheim.

La planta, inaugurada el 21 de octubre de 2024, integra un proceso mecánico-hidrometalúrgico que la convierte en el primer OEM del mundo en cerrar el ciclo de reciclaje de baterías con sus propias instalaciones. Se espera que la tasa de recuperación supere el 96%.

El proyecto contempla toda la cadena del proceso de reciclado, incluidos los conceptos de logística y reintegración. Al ser pionero en Europa, abarca todos los pasos, desde la trituración de los módulos de las baterías hasta el secado y procesamiento de los materiales activos de las mismas. Además, al igual que todas las plantas de producción de OEM, la planta de reciclaje funciona de forma neutra en carbono. Se abastece de electricidad 100% verde, ya que dispone en la cubierta del edificio de 6800 m² de un sistema fotovoltaico con una potencia pico de más de 350 kilovatios.

Con una capacidad anual de 2.500 toneladas. Siendo los materiales recuperados los que alimentan la producción de más de 50.000 módulos de baterías para los nuevos modelos totalmente eléctricos. (Mercedes-Benz Group, 2024)

El siguiente operador del mercado del reciclado es Umicore, que tiene su sede a lo largo de Europa, en Bélgica, Alemania, Finlandia y Polonia. Sus soluciones de reciclado son procesos propios que combinan un método innovador de tratamiento y

Estudio de mercado sobre las actividades y mejores prácticas llevadas a cabo por las OEM en el reciclaje de las baterías de los vehículos eléctricos.

reciclado con la tecnología de refinado existente, combinando la pirometalurgia y la hidrometalurgia.

Su tratamiento incluye el desmontaje seguro de las baterías de los vehículos eléctricos, sin triturar ni desmenuzar las celdas. Sin exponer a sus operadores ni al medio ambiente a compuestos peligrosos de las baterías.

En el proceso pirometalúrgico, su tecnología de fundición transforma los materiales de las baterías EoL en una aleación metálica que contiene los materiales críticos como Co, Ni, Li y cobre. Por último, la aleación se refina en un proceso hidrometalúrgico para recuperar los metales por separado. A continuación, los materiales recuperados se entregan en calidad de batería, lo que permite su recirculación en la producción de nuevos LiB. Con su última tecnología, han demostrado rendimientos de recuperación superiores al 95% para el cobalto, el cobre y el níquel.

En los últimos años ha colaborado con varios fabricantes de equipos originales, por ejemplo, con Automotive Cells Company (ACC, una empresa conjunta de Stellantis, Mercedes-Benz y Total Energies, junto con su filial Saft), con la que ha firmado un acuerdo de suministro estratégico de CAM para vehículos eléctricos. Además, ha colaborado con Volkswagen. Con la empresa conjunta denominada IONWAY, publicada el 6 de octubre de 2023, con sede en Bruselas. El objetivo de esta empresa es producir CAM y P-CAM para VE. (Jacobs, C. Scheers, M., 2022a, 2022b; Scheers, M. Jacobs, C., 2023)

Orano es la siguiente empresa multinacional que se asoció en octubre de 2023 con Stellantis para el reciclaje de baterías de vehículos eléctricos. La sede de la empresa se encuentra en Chatillon, Francia. Está especializada en el ciclo del combustible nuclear, pero sus operaciones abarcan la extracción de uranio, la conversión, el enriquecimiento, el reciclaje de combustible gastado, la logística nuclear, el desmantelamiento y la ingeniería nuclear.

Pero ha incrementado sus operaciones añadiendo el reciclaje de baterías. Está desarrollando un proceso hidrometalúrgico para recuperar eficazmente los materiales críticos del LiB, con una tasa de recuperación de hasta el 90%. Como se ha mencionado, Stellantis y Orano, firmaron una joint venture centrada en el reciclaje de baterías en 2023 pero, en septiembre de 2024, ambas empresas decidieron no

continuar con el proyecto. A pesar de la cancelación, ambas empresas mostraron interés en explorar otras posibles colaboraciones. (Press Office, 2024; Taguine, S., 2023)

Adicionalmente, Encory GmbH, como empresa conjunta del Grupo BMW e Interzero Group, desarrolla y aplica soluciones logísticas y de consultoría en ámbitos como la recogida, el reciclado y la refabricación de componentes de vehículos.

Econry es la encargada de construir y explotar el Centro de Competencia de Kirchroth. Centro que se abastecerá de material sobrante de la producción piloto en el centro de Parsdorf del Grupo BMW. Con este proyecto reducirán el coste de la línea, siendo los principales factores de coste las materias primas de las celdas de batería como litio, cobalto, grafito, manganeso, níquel y cobre.

A diferencia de los métodos convencionales, la principal característica del proceso implantado en el centro, denominado «reciclado directo», es que las materias primas de las celdas de las baterías no se revierten a su estado original, sino que se reintroducen directamente en el ciclo. Con este método se prescinde del tratamiento químico o térmico, hasta ahora habitual y de alto consumo energético. El método de reciclaje ha sido desarrollado por expertos de BMW Group en los Centros de Competencia de Múnich y Parsdorf.

El nuevo CRCC, de 2.200 m² de superficie, se integrará en la ampliación de un edificio ya existente. Allí, la energía eléctrica procedente de las células descargadas se captará en sistemas de almacenamiento de energía dentro del edificio y se utilizará para hacer funcionar los sistemas de reciclaje. (Marxt, C., 2024)

Por otro lado, la empresa sueca Stena Recycling ha invertido en una de las instalaciones de reciclado de pilas más avanzadas de Europa. La instalación está situada cerca del Centro Nórdico de Reciclaje de Stena, en Halmstad (Suecia). Se espera que gestione 10.000 toneladas de material de baterías al año, lo que equivale a unas 30.000 baterías de vehículos eléctricos. La empresa ofrece una optimización del transporte y una gestión logística segura, ya que todo el negocio se basa en una amplia logística de materiales a las instalaciones de la empresa que, tras su procesamiento, se transportan por carretera y ferrocarril. (Stena Recycling, 2024)

En cuanto al proceso de reciclado, el material de la pila se tritura, proceso que tiene lugar en un entorno libre de oxígeno para evitar el riesgo de incendio. A continuación, el disolvente se separa en un proceso de secado. Una vez triturados los materiales de la pila, se lleva a cabo un proceso mecánico de clasificación de los

distintos tipos de material. A continuación, los materiales valiosos de las pilas, como litio, cobalto, níquel y grafito, se recogen en una masa negra. Para su posterior entrega a socios industriales que, a su vez, procesan el material mediante procesos hidrometalúrgicos, pudiendo reciclar el 95% de una pila. La empresa colabora actualmente con Volvo Cars pero centrada en el reciclaje de plástico y no por el momento en el reciclaje de baterías. (Stena Recycling, s. f.)

Por último, Librec, otro operador del sector del reciclado de pilas, que posee un proceso de reciclado directo, con el que son capaces de recuperar todos y cada uno de los componentes de una pila. Además de los valiosos materiales de las pilas, el proceso también recupera grafito, que constituye entre el 10 y el 20% del peso de una pila. De forma energéticamente eficiente y sin utilizar ningún producto químico. Cerrando el ciclo con una tasa máxima de recuperación de al menos el 90% en todos los componentes de la batería. Sin fundir ni quemar nada. (Librec AG, 2021)

	Pyrometalurgia	Hydrometalurgia	Reciclaje Directo
Ratio Reciclaje General	40%-60%	60%-80%	60%-80%
Coste procesos	-27\$/kg	-22\$/kg	-12\$/kg
Emisiones GHG	-13kgCO ₂ e/kg	-11kgCO ₂ e/kg	-3kgCO ₂ e/kg
Emisiones GHH	5.11 kgCO ₂ e/kWh	3.68 kgCO ₂ e/kWh	3.65 kgCO ₂ e/kWh
Consumo de energía	-15.32 kWh/kWh battery	-28.82 kWh/kWh battery	-2.76 kWh/ kWh battery
Elementos recuperables	Co, Ni, Cu	Li, Mn, Co, Ni, Cu, Al	Li, Mn, Al, Co, Ni, C, Cu

Fig. 8 Tabla comparativa entre los diferentes procesos de reciclaje de baterías. Tabla realizada por el autor empleando los datos extraídos de Novocycle: (Bosna, F., 2024)

Con esta tabla, extraída de Novocycle, es más fácil entender las diferencias entre los procesos más comunes que los recicladores están utilizando en sus plantas, junto con un ejemplo de costes y emisiones producidas con los diferentes métodos.

Además, son visibles las diferencias en las tasas de recuperación, entre cada proceso y el consumo de energía. Siendo el Reciclaje Directo el proceso más eficiente. Así mismo es visible los diferentes materiales que se obtienen por los diferentes procesos, siendo considerablemente más capaz de recuperar más minerales el Reciclaje Directo. (Bosna, F., 2024)

V. Perspectiva y comportamiento del consumidor.

En Europa, los clientes optan cada vez más por los BEV debido a sus bajas emisiones de carbono y a su potencial ahorro de costes. Ante la creciente preocupación por el cambio climático y la contaminación atmosférica, muchos consumidores buscan activamente alternativas más ecológicas a los vehículos de gasolina tradicionales o, mejor dicho, los ICE. Además, el aumento del coste de los combustibles fósiles ha hecho más atractivos los vehículos eléctricos, ya que ofrecen menores costes de funcionamiento y un ahorro potencial a largo plazo.

Basándose en un estudio global del consumidor realizado por Deloitte, se hacen visibles las preferencias y las preocupaciones del consumidor al respecto. El estudio 2024 incluye 27.000 respuestas de consumidores de 26 países de todo el mundo de diferentes edades, desde los 18 hasta los 55 años o más. En concreto, Deloitte ha enviado el cuestionario a los consumidores de los siguientes países a lo largo de Europa:

Austria con 1.002 encuestados, Bélgica con 1.006, Francia con 1.000, Alemania con 1.500, Italia con 1.001, Polonia 1.000, España con 1.006 y Reino Unido 1.500 encuestados. Utilizando una metodología de panel en línea en el que se invitó a participar a consumidores en edad de conducir.

En los gráficos, cuadros y tablas se recogen todos los países mencionados como Alemania junto con otros países de la región EMEA, y se han analizado varios temas. Como por ejemplo:

- Cuáles son las principales razones para elegir un VE como próximo vehículo. Estando en el ranking, el menor coste del combustible obteniendo el 50% de media de impacto en la toma de decisiones, seguido de la preocupación por el medio ambiente con un 45% y los incentivos/subvenciones/programas de estímulo gubernamentales con un 30%. Utilizando una muestra de 427 respuestas.
- Otro tema analizado es el porcentaje de consumidores preocupados por el impacto medioambiental de extremo a extremo de la batería del VE, medido en un gráfico con el porcentaje de consumidores preocupados que incluye algo preocupados o muy preocupados, porcentaje de consumidores no

preocupados que incluye nada preocupados o poco preocupados junto con los consumidores que no saben o no están seguros.

Muestra que en los países en los que se encuestó a los consumidores, la mayoría está preocupada por el impacto medioambiental de las baterías de los vehículos eléctricos. Exigir a las partes interesadas del sector que apliquen prácticas sostenibles a lo largo de todo el ciclo de vida de la batería. Refleja que el 64% de los consumidores están preocupados, el 24% no están preocupados y el 12% no están seguros. En una muestra de 1.273 encuestados. (Proff, H. Bowman, K. Robinson, R. Barber, C., 2024)

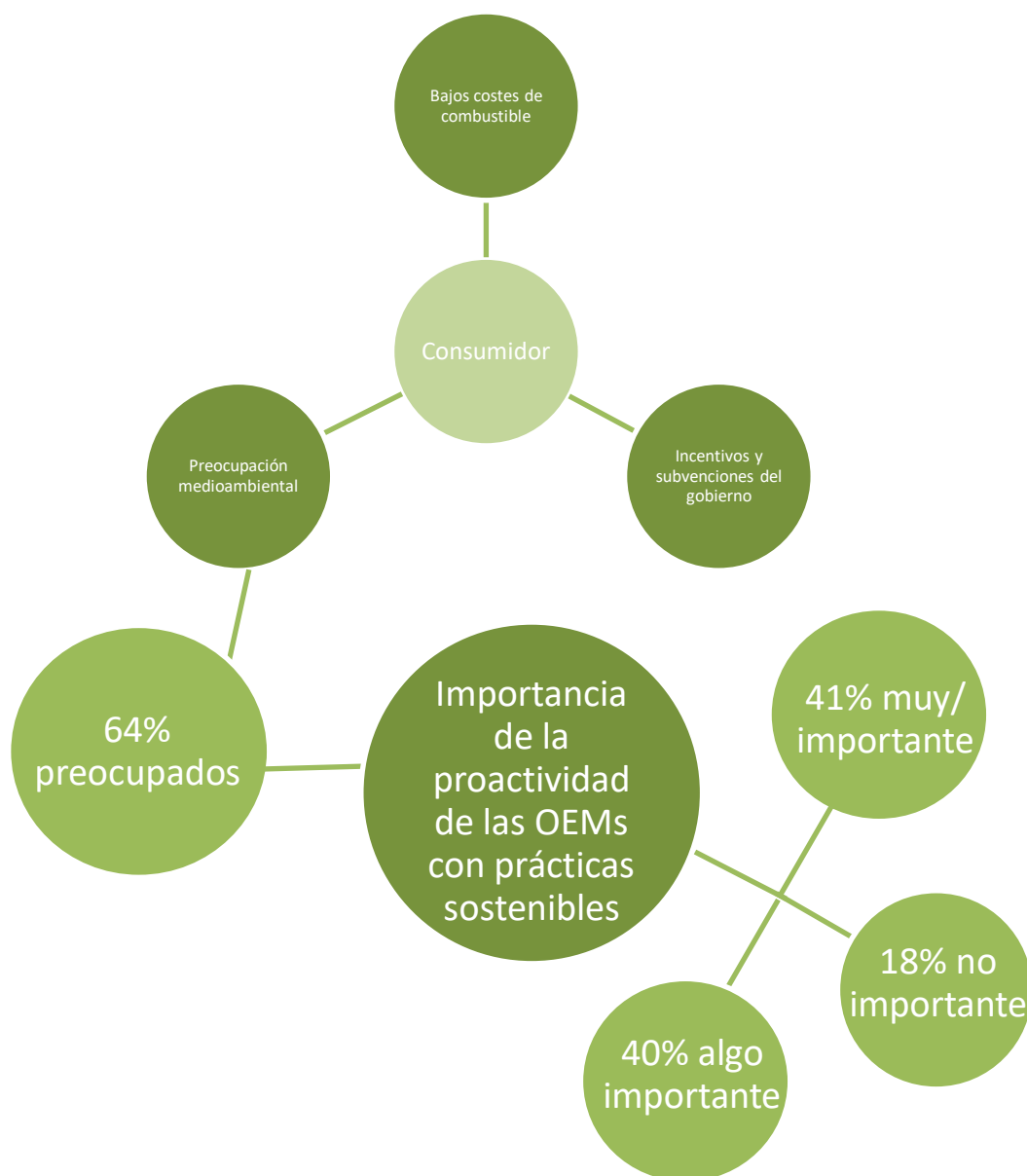


Fig. 10 Organigrama realizado por el autor, resaltando la opinión del consumidor según un estudio realizado por Deloitte. (Proff, H. Bowman, K. Robinson, R. Barber, C., 2024)

Estudio de mercados sobre las actividades y mejores prácticas llevadas a cabo por las OEM en el reciclaje de las baterías de los vehículos eléctricos.

VI. Entorno normativo.

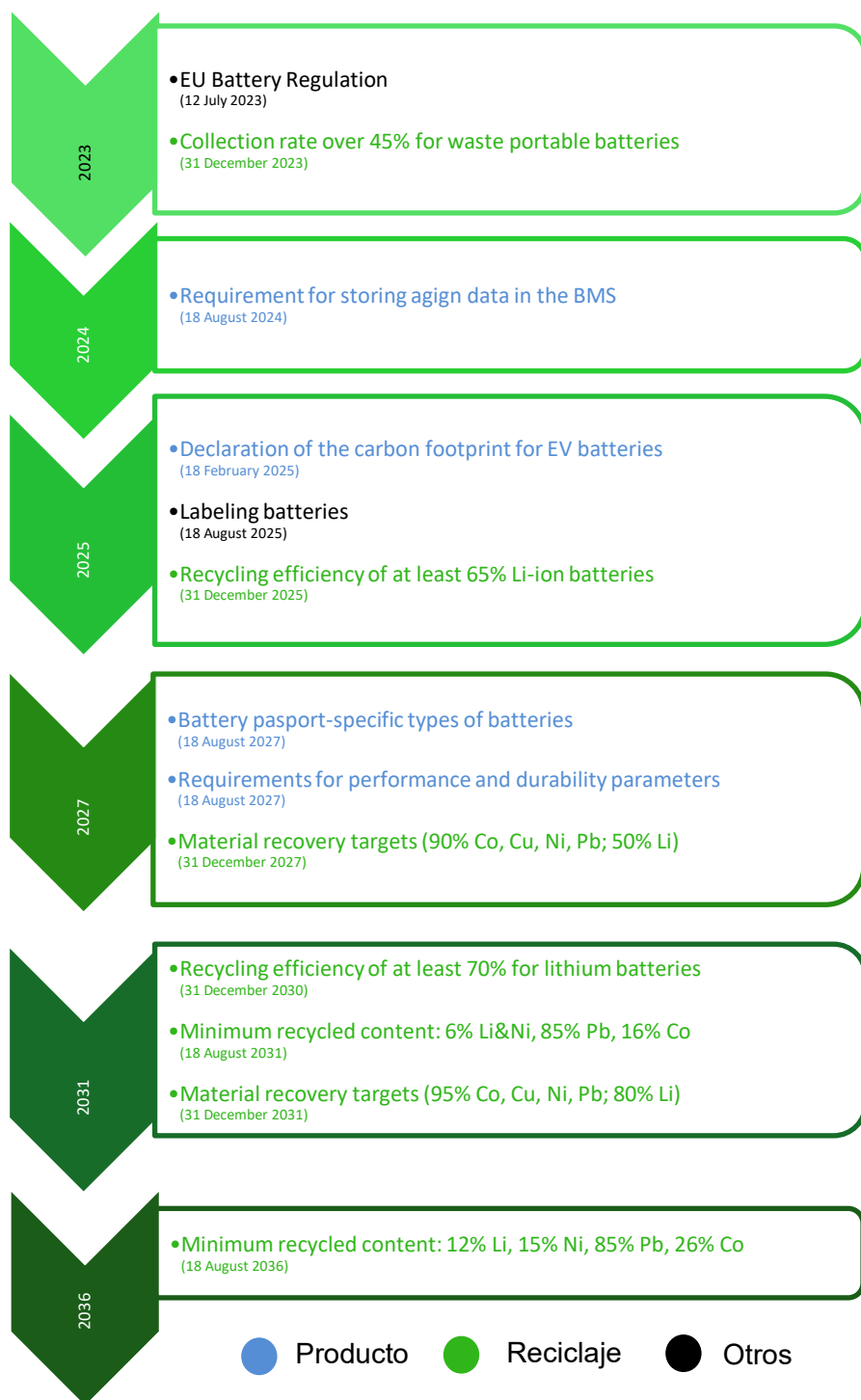


Fig. 11 Realizado por el autor, mapa del tiempo con las regulaciones de la RWTH Aachen University: (Hans Heimes et al., 2024)

Estudio de mercado sobre las actividades y mejores prácticas llevadas a cabo por las OEM en el reciclaje de las baterías de los vehículos eléctricos.

La UE ha surgido como líder mundial en el avance de la sostenibilidad medioambiental y la independencia de los recursos, impulsada por iniciativas como el Pacto Verde Europeo y el Plan de Acción para la Economía Circular. Estas políticas pretenden crear una economía sostenible y resistente fomentando una gestión responsable de los recursos y reduciendo la dependencia de fuentes externas de materiales esenciales. En el centro de estas iniciativas se encuentra un conjunto de marcos normativos que apoyan la transición a una economía circular, mejoran las prácticas de reciclaje y garantizan que el mercado del reciclaje de pilas se alinee con los objetivos medioambientales más amplios de la UE.

La estrategia de la UE empieza por reducir la dependencia de las materias primas importadas dando prioridad al reciclado nacional y a la reutilización de materiales clave como el Li, el Co y el Ni. Este planteamiento mitiga la dependencia de proveedores de fuera de la UE al tiempo que fomenta un ciclo de vida circular de las baterías. Junto a ello, la UE incentiva a las empresas para que adopten prácticas sostenibles mediante financiación, ventajas fiscales e incentivos a la investigación y el desarrollo, fomentando un cambio hacia procesos de fabricación más eficientes y responsables con el medio ambiente.

Estratégicamente, la UE aspira a la neutralidad climática para 2050, estableciendo ambiciosos objetivos de sostenibilidad que están directamente relacionados con el desarrollo del mercado de reciclaje de BEV. Paralelamente, la UE trabaja para reforzar la resiliencia de las cadenas de suministro apoyando las iniciativas locales de reciclaje y fomentando la innovación en las tecnologías de recuperación de materiales, reduciendo la vulnerabilidad a las perturbaciones externas.

Además, la UE se está posicionando como líder internacional en la producción y reciclaje sostenibles de baterías, influyendo en las normas y acuerdos mundiales para avanzar en sus prioridades medioambientales y económicas.

En las siguientes secciones, se explicarán los marcos normativos específicos que sustentan estas políticas, proporcionando una comprensión más profunda de cómo impulsan la sostenibilidad y la innovación en el mercado del reciclaje de BEV.

La UE está dando pasos audaces con normativas pioneras destinadas a transformar el ciclo de vida de las baterías. Con la aplicación de la Directiva sobre baterías, a partir de 2028, los fabricantes estarán obligados a revelar el porcentaje de materiales críticos -cobalto, litio, níquel y plomo- reciclados a partir de residuos de

Estudio de mercado sobre las actividades y mejores prácticas llevadas a cabo por las OEM en el reciclaje de las baterías de los vehículos eléctricos.

producción o baterías postconsumo. Esta medida garantiza una mayor transparencia y responsabilidad en toda la cadena de suministro, subrayando la importancia de una economía circular.

También se han establecido objetivos ambiciosos para la recogida y el reciclaje de pilas. Para 2029, al menos el 79% de las baterías de litio-metal y de iones de litio deberán recogerse para su reciclado, cifra que aumentará hasta el 85% en 2031. El objetivo de estos esfuerzos es minimizar los residuos y recuperar recursos valiosos.

Para lograr la máxima eficiencia, se han fijado estrictos objetivos de recuperación de materiales críticos. Para 2027, los procesos de reciclado deberán recuperar el 90% del cobalto y el níquel y el 50% del litio. Para 2031, estos objetivos aumentarán al 95% para el cobalto y el níquel y al 85% para el litio, garantizando un suministro constante de materiales cruciales para la industria de las pilas.

Además de estos objetivos de recuperación, se exigirá que las baterías nuevas incluyan una proporción mínima de materiales reciclados. Para 2031, todas las baterías deberán contener al menos un 16% de cobalto, un 85% de plomo, un 6% de litio y un 6% de níquel procedentes de contenidos reciclados. Estos requisitos serán aún más ambiciosos en 2036, con objetivos que aumentarán hasta el 26% de cobalto, el 12% de litio y el 15% de níquel, manteniendo el 85% de plomo. Esto garantiza que los fabricantes den prioridad a la sostenibilidad en sus procesos de producción.

Un elemento central de estos esfuerzos es la introducción del Pasaporte de Baterías, un sistema de registro digital diseñado para mejorar la trazabilidad y la transparencia. Este pasaporte contendrá información detallada sobre el ciclo de vida de cada batería, aportada por los productores de células y módulos, los fabricantes de baterías, los OEM de automoción y los proveedores de servicios. Al hacer accesibles estos datos, la UE pretende fomentar la confianza entre los consumidores y las partes interesadas, promoviendo al mismo tiempo la responsabilidad dentro del sector.

En el centro del programa de sostenibilidad de la UE está el «Pacto Verde Europeo», un plan transformador para hacer de Europa el primer continente neutro desde el punto de vista climático. Un pilar clave del EGD es el paquete legislativo Fit for 55, que esboza una hoja de ruta para lograr al menos una reducción del 55% de las emisiones de GEI para 2030. Con el paquete finalizado, se espera que esta reducción alcance el 57%, manteniendo a la UE en la senda de sus ambiciosos objetivos.

Para mantener el impulso, el plan introduce un objetivo intermedio de reducción del 90% de las emisiones de GEI para 2040, que culminará con emisiones netas nulas para 2050.

Esta visión se apoya en mecanismos clave. El Mecanismo de Ajuste en la Frontera del Carbono garantiza que los productos importados tengan que pagar un precio del carbono en la frontera, igualando las condiciones y fomentando las prácticas sostenibles en todo el mundo. Por su parte, el Régimen de Comercio de Derechos de Emisión establece un marco sólido para la fijación del precio del carbono, generando ingresos que se reinvierten en la acción por el clima y en programas sociales. Juntas, estas herramientas crean un enfoque equilibrado para reducir las emisiones al tiempo que se mantiene la competitividad económica. (European Commission, 2025b)

Complementa estos esfuerzos la Ley de Materias Primas Críticas, una iniciativa estratégica concebida para reducir la dependencia europea de las materias primas importadas y reforzar su capacidad de recuperación económica. Para 2030, la UE aspira a extraer el 10%, procesar el 40% y reciclar el 25% de las materias primas estratégicas que consume anualmente. Esto no sólo garantizará un suministro constante de recursos esenciales, sino que también situará a Europa a la cabeza de la gestión sostenible de los recursos. (European Commission, 2023)

En conjunto, estos reglamentos ponen de relieve el compromiso de la UE con el fomento de una economía ecológica y circular. Al fijar objetivos ambiciosos de reciclado, recuperación y reducción de emisiones, la UE impulsa la innovación en todos los sectores y garantiza un futuro sostenible. Fabricantes, recicladores y empresas de automoción desempeñarán un papel fundamental en la consecución de estos objetivos, lo que subraya la importancia de la colaboración en toda la cadena de valor.

Con estas medidas, la UE establece una referencia mundial en materia de sostenibilidad, allanando el camino hacia una economía eficiente en el uso de los recursos y neutra desde el punto de vista climático que otros países podrían emular. Tras repasar las principales normativas que se aplican al mercado del reciclaje, es importante repasar también las normativas de salud y seguridad que también se aplican a este mercado.

La salud y la seguridad siguen siendo fundamentales en el mercado del reciclaje de BEV debido a la peligrosidad de los componentes de las baterías, como el litio, el cobalto y el níquel, así como a los riesgos asociados a los sistemas de alta

Estudio de mercado sobre las actividades y mejores prácticas llevadas a cabo por las OEM en el reciclaje de las baterías de los vehículos eléctricos.

tensión. Para hacer frente a estos retos, la UE ha establecido un marco normativo completo, diseñado para proteger a los trabajadores y el medio ambiente.

La seguridad de los trabajadores es una prioridad absoluta, con directrices estrictas para la manipulación, el transporte, el almacenamiento y el desmantelamiento de las baterías. El objetivo de estos protocolos es reducir riesgos como la exposición a sustancias químicas, los peligros de incendio y los accidentes eléctricos. Las instalaciones de reciclaje están obligadas a imponer el uso de equipos de protección individual (EPI) y a proporcionar a los empleados formación especializada para garantizar la seguridad en el lugar de trabajo.

La gestión de los materiales peligrosos es otro aspecto clave, ya que la Directiva Marco de Residuos de la UE establece normas claras para el almacenamiento, tratamiento y eliminación de residuos peligrosos. Estas medidas están diseñadas para evitar la contaminación del suelo, el aire y el agua durante las operaciones de reciclado, salvaguardando así la salud pública y los ecosistemas. (European Parliament, Council of the European Union, 2006, 2012)

Las instalaciones de reciclaje también deben cumplir estrictas normas de seguridad en virtud de la Directiva sobre Emisiones Industriales (DEI). Esta directiva garantiza que las emisiones se reduzcan al mínimo y que las instalaciones funcionen de forma segura. El cumplimiento se impone mediante inspecciones y auditorías periódicas, lo que crea un sistema de responsabilidad en el sector.

Además, el transporte de baterías usadas está estrictamente regulado por el Acuerdo Europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Carretera (ADR). Esta normativa se centra en la reducción de riesgos durante el tránsito mediante procedimientos adecuados de embalaje, etiquetado y manipulación. (European Parliament, Council of the European Union, 2008a)

Para hacer frente a posibles emergencias, las instalaciones de reciclaje están obligadas a mantener sólidos planes de respuesta ante incidentes como vertidos químicos, incendios o explosiones. Estos planes son esenciales para mitigar los daños y garantizar la seguridad de los trabajadores y del entorno en caso de accidente.

A pesar de estas medidas, incidentes trágicos como los de Northvolt, en los que protocolos de seguridad inadecuados provocaron la muerte de trabajadores, subrayan la importancia de cumplir rigurosamente la normativa. Estos incidentes

ponen de relieve la necesidad de mejorar continuamente las normas de seguridad y adoptar medidas de prevención de riesgos con iniciativa.

A través de este enfoque integral de la salud y la seguridad, la UE está fomentando un mercado de reciclado de BEV más seguro y sostenible, protegiendo tanto a los trabajadores de la industria como al medio ambiente.

Por último, la creciente interconectividad de los VE y la ingente cantidad de datos de clientes que generan han suscitado una gran preocupación por la privacidad y la ciberseguridad. Dado que los VE almacenan gran cantidad de información personal, como historial de localización, hábitos de conducción e incluso datos financieros, salvaguardar estos datos se ha convertido en una prioridad. Estas preocupaciones se acentúan especialmente con el desarrollo de los sistemas de conducción autónoma, que integran aún más los datos sensibles en las operaciones de los vehículos, creando nuevas vulnerabilidades.

En respuesta, la UE ha puesto en marcha normativas estrictas, en particular el Reglamento General de Protección de Datos (RGPD), para abordar los problemas de privacidad. Las empresas que operan dentro del ciclo de vida de los BEV, incluidas las que se dedican al reciclaje, deben garantizar el cumplimiento de las normas del GDPR. Esto implica proteger los datos personales recogidos a través de procesos como los sistemas de seguimiento digital. El incumplimiento no solo conlleva el riesgo de sanciones legales, sino que también socava la confianza de los consumidores en el ecosistema de la sostenibilidad en general. (European Parliament, Council of the European Union, 2016)

Además, con el creciente uso de sistemas de seguimiento habilitados para IoT para supervisar las baterías a lo largo de su ciclo de vida, desde la producción hasta el reciclaje, el manejo seguro de estos datos es primordial. El riesgo de acceso no autorizado o uso indebido pone de relieve la necesidad de medidas de ciberseguridad sólidas. Como resultado, se debe implementar una supervisión estricta y protocolos de seguridad avanzados en todas las etapas del mercado de reciclaje de BEV para garantizar la protección de datos y evitar posibles infracciones. (European Commission, 2010, 2012; European Parliament, Council of the European Union, 2008b, 2023a, 2023b)

VII. Análisis DAFO y PESTEL.

El crecimiento del mercado de vehículos eléctricos (BEV) en la Unión Europea ha generado un importante desafío y, al mismo tiempo, una oportunidad estratégica: el reciclaje de sus baterías al final de su vida útil. Este proceso no solo responde a criterios medioambientales, sino que también se inscribe en una lógica de soberanía industrial, eficiencia de recursos y sostenibilidad. Antes de presentar el análisis DAFO y para comprender en profundidad los factores que condicionan esta actividad, se propone un análisis PESTEL, que permite examinar los elementos Políticos, Económicos, Sociales, Tecnológicos, Ambientales, Éticos y Legales que influyen directa e indirectamente en su evolución.

Factores políticos.

El entorno político europeo ha sido decisivo en la consolidación del reciclaje de baterías como una prioridad industrial y ambiental. A través del Pacto Verde Europeo, la UE ha sentado las bases de una economía climáticamente neutra, donde el reciclaje de recursos estratégicos, como el litio o el cobalto presentes en las baterías BEV, adquiere un papel clave.

Una de las medidas más significativas ha sido la adopción del Reglamento de Baterías de 2023, que establece requisitos obligatorios de sostenibilidad, reciclaje mínimo y trazabilidad en todo el ciclo de vida de las baterías. Esta legislación refleja el compromiso de la UE por reducir la dependencia de proveedores externos, impulsar la autonomía estratégica y fomentar una economía circular avanzada.

Además, el marco político actual favorece alianzas público-privadas y apoya proyectos piloto e inversiones industriales en plantas de reciclaje. El respaldo financiero mediante fondos europeos (como el Horizonte Europa o el Fondo de Innovación) refuerza este impulso. En resumen, la acción política no solo regula, sino que moviliza recursos, establece objetivos comunes y coordina la acción entre Estados miembros.

Factores económicos.

El reciclaje de baterías se perfila como una industria en auge, cuyo valor económico crece en paralelo con el despliegue del vehículo eléctrico. Según estimaciones recientes, en 2020 había cerca de 200.000 toneladas métricas de baterías disponibles para reciclar, una cifra que podría multiplicarse por siete para

2030 y superar los 7 millones de toneladas para 2040. Este aumento representa una oportunidad significativa para la creación de empleo, el desarrollo tecnológico y la atracción de inversiones.

Sin embargo, este crecimiento no está exento de obstáculos. La capacidad de reciclaje actual en Europa, alrededor de 300.000 toneladas, es insuficiente para cubrir la demanda futura. La planificación de nuevas plantas es costosa, requiere años de desarrollo y está condicionada por barreras como la disponibilidad de terrenos industriales, los costes energéticos y las restricciones ambientales.

Además, la economía del reciclaje está sujeta a la volatilidad de los precios de las materias primas. La caída de precios observada en 2023 (por ejemplo, un descenso del 20% en el coste medio del kWh de batería según Bloomberg NEF) ha afectado la rentabilidad de muchos recicladores. Las fluctuaciones en los costes de litio, níquel y cobalto también condicionan la viabilidad de los procesos de recuperación. (Catsaros, O., 2024)

Por otro lado, los elevados costes logísticos, especialmente el transporte de residuos peligrosos, y las economías de escala limitadas afectan más a los pequeños actores del mercado. Esto puede generar una concentración del sector en manos de grandes operadores, con implicaciones sobre la competitividad y la resiliencia del sistema.

Factores sociales.

El reciclaje de baterías se encuentra en la intersección de una creciente demanda social por la sostenibilidad y la transformación de los hábitos de movilidad urbana. Los ciudadanos europeos están cada vez más sensibilizados con el impacto ambiental de sus decisiones de consumo. Esta preocupación se traduce en una mayor presión hacia fabricantes y recicladores para que adopten procesos limpios, trazables y responsables.

Asimismo, la transición hacia una economía verde conlleva un cambio estructural en el empleo. El reciclaje de baterías requiere nuevas habilidades técnicas, desde el desmontaje seguro hasta la gestión de residuos peligrosos o el uso de maquinaria inteligente. Esta situación genera una demanda urgente de programas de formación profesional, reentrenamiento de trabajadores de sectores en declive y colaboración entre empresas e instituciones educativas.

A nivel urbano, el auge de la movilidad eléctrica, no solo en automóviles, sino también en bicicletas, patinetes y transporte público, exige una red logística y de reciclaje adaptada a los nuevos volúmenes y tipologías de baterías. Este fenómeno obliga a las ciudades a integrar el reciclaje en sus políticas de desarrollo sostenible y gestión de residuos.

Factores tecnológicos.

El factor tecnológico es, sin duda, uno de los principales motores del cambio en este sector. El desarrollo de tecnologías de reciclaje más eficientes está permitiendo aumentar los rendimientos de recuperación, reducir los impactos ambientales y abaratar costes. Entre ellas destacan los procesos hidrometalúrgicos y pirometalúrgicos avanzados, así como nuevas técnicas híbridas que permiten extraer metales valiosos con menores emisiones y menor uso de reactivos peligrosos.

En el ámbito del proceso de reciclaje en sí, destacan métodos innovadores como el “Hydro-to-Cathode” de Ascend Elements, que permiten una recuperación directa de materiales con menor impacto ambiental. También están ganando tracción los enfoques híbridos (combinando métodos mecánicos y químicos), que aumentan la tasa de recuperación y reducen la generación de residuos peligrosos.

También se están produciendo avances en el diseño de baterías pensadas desde su origen para facilitar el reciclaje: con módulos más fáciles de desmontar, menos componentes tóxicos y materiales más fácilmente recuperables. Esta tendencia hacia el “ecodiseño” forma parte de una estrategia más amplia de sostenibilidad industrial.

El avance tecnológico está transformando radicalmente el reciclaje de baterías BEV. Una de las tendencias más destacadas es el diseño de baterías pensadas para facilitar su reciclado, con menos componentes tóxicos y estructuras más fáciles de desmontar. Asimismo, tecnologías emergentes como las baterías de estado sólido, impulsadas por colaboraciones como la de Mercedes-Benz con Factorial, prometen mejorar la seguridad, eficiencia y reciclabilidad del producto.

La digitalización y la inteligencia artificial están permitiendo aplicar trazabilidad total mediante sensores IoT, análisis predictivo de fallos y sistemas automáticos de clasificación y desmontaje. Además, la robótica ya se aplica en algunas plantas europeas para mejorar la eficiencia y seguridad del proceso.

La automatización y la inteligencia artificial ya se están aplicando en plantas de reciclaje, con robots capaces de desmontar baterías con alta precisión y sistemas de IA que optimizan procesos, detectan patrones y aumentan la eficiencia. La digitalización y trazabilidad, mediante sensores IoT, permiten seguir el ciclo de vida completo de la batería, desde su producción hasta su segunda vida o reciclaje, mejorando la transparencia y el cumplimiento normativo.

Factores ambientales.

El impacto ambiental es uno de los ejes centrales del desarrollo del reciclaje de baterías. La correcta gestión de residuos peligrosos, como el litio o el cobalto, es esencial para evitar daños ecológicos y cumplir con los objetivos de sostenibilidad marcados por la UE. Las normativas comunitarias impulsan una gestión eficiente de los residuos, priorizando la recuperación de materiales y la prevención de la contaminación. La minería de litio, cobalto y níquel plantea serios problemas ecológicos y sociales en sus países de origen. Por tanto, aumentar las tasas de reciclaje reduce la presión sobre ecosistemas frágiles, disminuye la huella de carbono asociada a la extracción y promueve un uso más racional de los recursos.

A pesar de sus beneficios, el reciclaje no está exento de desafíos medioambientales. El transporte de baterías, el consumo energético de las plantas y la emisión de gases de efecto invernadero durante ciertos procesos generan una huella de carbono que debe ser mitigada. La integración de energías renovables en las instalaciones y la optimización logística ayudan a reducir este impacto.

En este contexto, las estrategias de economía circular se consolidan como herramientas clave. Al fomentar la reutilización, el reciclaje y las aplicaciones de segunda vida, como el uso de baterías retiradas para almacenamiento estacionario o segunda vida, se alarga el ciclo de vida de los materiales, se reduce la extracción de recursos naturales y se avanza hacia una industria más sostenible. Estas prácticas están alineadas con los compromisos europeos de descarbonización y autosuficiencia industrial.

Factores legales.

El marco legal en la UE en materia de reciclaje de baterías se ha fortalecido significativamente en los últimos años. Además del mencionado Reglamento de Baterías (UE) 2023/1542, existen normativas que regulan el transporte de residuos

peligrosos, la seguridad en plantas industriales, los derechos laborales en sectores de riesgo y la gestión ambiental de residuos eléctricos y electrónicos (RAEE).

Este entorno normativo plantea tanto oportunidades como obligaciones. Por un lado, proporciona seguridad jurídica, estándares comunes y transparencia a los agentes económicos. Por otro, obliga a realizar inversiones continuas en cumplimiento normativo, sistemas de trazabilidad, certificaciones y auditorías.

En particular, el cumplimiento de los requisitos de reciclaje mínimo, la documentación del ciclo de vida del producto, la gestión de permisos ambientales y el seguimiento de las cadenas de custodia son elementos legales que inciden directamente en la operativa de las empresas.

La tendencia es hacia una legislación más detallada, con sanciones más severas para el incumplimiento y una creciente supervisión por parte de autoridades nacionales y europeas. Por tanto, estar al día con el marco legal no solo es una obligación, sino una ventaja competitiva para los actores más responsables.

Factores éticos.

Por último, el componente ético adquiere cada vez mayor relevancia en la consolidación de un mercado responsable. La responsabilidad social corporativa (RSC) es una exigencia creciente por parte de consumidores, inversores y legisladores. Las empresas del sector deben demostrar un compromiso real con el bienestar de sus trabajadores, la transparencia de sus operaciones y la sostenibilidad de sus procesos.

El liderazgo en sostenibilidad y ética laboral se traduce en ventajas competitivas tangibles. Las compañías que priorizan la seguridad, formación y diversidad de su plantilla, al tiempo que mantienen altos estándares ambientales, logran fortalecer su imagen de marca. Asimismo, el compromiso con las comunidades locales, a través de asociaciones con universidades, campañas de sensibilización o reportes de sostenibilidad, refuerza la confianza de los grupos de interés y la legitimidad del sector.

En un mercado cada vez más exigente, la reputación ética se convierte en un activo estratégico, capaz de atraer consumidores conscientes y garantizar la viabilidad a largo plazo de las empresas que lideran la transición ecológica en Europa.

Tras el análisis PESTEL(E) es más fácil identificar, las diferentes oportunidades o amenazas a través de las fortalezas y debilidades del mercado. Siendo analizadas a corto-medio y largo plazo.

1. Corto-medio plazo (5-10 años)

FORTALEZAS Fuerte crecimiento del mercado de baterías BEV y EoL Colaboraciones y asociaciones Apoyo normativo	DEBILIDADES Complejidades y retos logísticos Limitaciones en la participación y las infraestructuras Operaciones e I+D de alto coste
OPORTUNIDADES Financiación de la UE Creciente demanda de materiales críticos Avances tecnológicos en el reciclado Mercado de pilas de segunda vida	AMENAZAS Coste y complejidad del cumplimiento Procesos de reciclaje poco desarrollados Falta de incentivos para el consumidor Dependencias comerciales y volatilidad de los precios de los materiales

Fig. 12 Realizado por el autor, análisis DAFO corto-medio plazo (5-10 años).

Una vez recopiladas todas las cabeceras, ayuda a comprender mejor el análisis DAFO. Empezando por el corto-medio plazo es tangible que:

La industria del reciclaje de baterías está experimentando importantes fortalezas debido al rápido crecimiento del mercado de los VE y a la creciente demanda de soluciones de almacenamiento de energía renovable. A medida que las ventas de VE siguen aumentando, la primera oleada de BEV está llegando a la EoL de su ciclo de vida, creando un suministro predecible y creciente de baterías listas para reciclar. Esto proporciona una base estable para que la industria se expanda y desarrolle procesos de reciclaje eficientes.

Sin embargo, la industria también se enfrenta a varios puntos débiles, sobre todo en infraestructura y participación. Los sistemas actuales aún no son suficientes para gestionar el creciente volumen de baterías EoL, especialmente si se tiene en cuenta la evolución de la química de las baterías en las nuevas generaciones de vehículos eléctricos. Además, aunque las colaboraciones y asociaciones entre

recicladores y fabricantes de equipos originales van en aumento y mejoran la eficiencia de las operaciones, se necesita una cooperación más estructurada y generalizada.

Uno de los principales retos es la complejidad logística asociada al transporte de baterías usadas a través de los estados miembros de la UE, ya que las estrictas normativas de seguridad y los elevados costes de transporte crean ineficiencias. Además, el elevado coste de las operaciones y la I+D plantean un reto financiero, ya que las tecnologías de reciclado requieren una inversión sustancial.

Como aspecto positivo, el apoyo normativo está desempeñando un papel crucial en la configuración del futuro del sector. La UE ha introducido nuevas directivas y políticas que promueven el reciclaje de pilas y la recuperación de materiales, fomentando un enfoque más sostenible. Esto, combinado con el apoyo financiero de iniciativas como el Green Deal y la financiación del BEI, crea grandes oportunidades para un mayor crecimiento y avances tecnológicos en el sector.

La creciente demanda de materiales críticos también presenta una oportunidad para que la industria del reciclaje se convierta en un proveedor nacional clave, reduciendo la dependencia de las materias primas importadas y estabilizando la cadena de suministro.

Además, a medida que se intensifica la competencia en el mercado, existe un importante potencial de innovación, que conducirá al desarrollo de tecnologías de reciclado más eficientes y con mejores índices de recuperación. Otra oportunidad emergente es el mercado de las baterías de segunda vida, en el que las baterías usadas de los vehículos eléctricos pueden reutilizarse para el almacenamiento de energía u otras aplicaciones, ampliando su ciclo de vida y creando nuevos modelos de negocio. A pesar de estos prometedores avances, el sector debe sortear varias amenazas. Uno de los principales retos es el cumplimiento de la normativa, que añade complejidad a las operaciones. Las estrictas normas de seguridad y los protocolos de entrega aumentan los costes operativos, lo que dificulta que algunas empresas sigan siendo competitivas.

Por otra parte, los procesos de reciclado están aún en fase de desarrollo, con esfuerzos constantes por mejorar la eficacia de la recuperación, reducir el impacto ambiental y disminuir los costes. Sin nuevos avances, estas limitaciones podrían frenar el progreso de la industria. Junto con la falta de incentivos a los consumidores para reciclar, que es una cuestión acuciante. Mientras que las subvenciones y las ayudas

Estudio de mercado sobre las actividades y
mejores prácticas llevadas a cabo por las OEM en el
reciclaje de las baterías de los vehículos eléctricos.

financieras se han dirigido principalmente a los fabricantes de equipos originales, los usuarios finales tienen poca motivación para participar en programas de reciclaje, lo que podría obstaculizar su adopción generalizada.

Por último, las dependencias comerciales y la volatilidad de los precios de los materiales siguen afectando a las operaciones, ya que muchos OEM siguen dependiendo en gran medida de materias primas importadas. La fluctuación de los precios puede afectar significativamente a la rentabilidad, dificultando a las empresas la planificación de estrategias a largo plazo.

2. Largo plazo (10-15 años)

FORTALEZAS Ecosistema de reciclaje maduro Cadenas de suministro circulares Economías de escala	DEBILIDADES Obsolescencia de las tecnologías de reciclado Complejidad del reciclado multiquímico Dependencia excesiva del apoyo político
OPORTUNIDADES La sostenibilidad como elemento de creación de marca Empresa de ciclo cerrado Modelos empresariales innovadores	AMENAZAS Aumento de la competencia mundial Cambios normativos Críticas medioambientales y energéticas

Fig. 13 Realizado por el autor, análisis DAFO largo plazo (10-15 años).

A medida que el sector del reciclaje de pilas sigue evolucionando, varios puntos fuertes clave lo posicionan para el éxito a largo plazo. Se está desarrollando un ecosistema de reciclaje maduro, impulsado por los avances en tecnología e infraestructuras. El establecimiento de cadenas de suministro circulares garantiza la recuperación y reutilización continuas de materiales valiosos, reduciendo la dependencia de las importaciones de materias primas. Además, las economías de escala mejorarán aún más la eficiencia y la rentabilidad a medida que se amplíen las operaciones de reciclaje, haciendo que el proceso sea más viable económicamente con el tiempo.

Existen oportunidades significativas para alinear el reciclaje de pilas con objetivos de sostenibilidad más amplios. La sostenibilidad como elemento de creación

Estudio de mercado sobre las actividades y mejores prácticas llevadas a cabo por las OEM en el reciclaje de las baterías de los vehículos eléctricos.

de marca es cada vez más importante para las empresas, ya que los consumidores y los inversores exigen prácticas más responsables con el medio ambiente. Un modelo de negocio de circuito cerrado, en el que los materiales de las pilas usadas se integran directamente en nuevos ciclos de producción, mejora la eficiencia de los recursos y reduce los residuos.

A pesar de ello, la industria se enfrenta a debilidades persistentes como la obsolescencia de las tecnologías de reciclado que viene de la mano del reciclado multiquímico, complicando las operaciones. Además, la excesiva dependencia del apoyo político la hace vulnerable a los cambios en la normativa. Se considera que ésta es una de las amenazas de la industria, pero por otro lado, también se considera la posibilidad de que sea una oportunidad.

Además, el aumento de la competencia mundial de los mercados emergentes de reciclado obliga a innovar y mejorar continuamente. Especialmente en el impacto medioambiental, ya que existen preocupaciones y críticas sobre el consumo de energía. Por los tiempos cambiantes, el mercado está pasando por algunos de los temas considerados antes, podrían encajar en otras posiciones y pueden ser interpretados de manera diferente.

VIII. Conclusiones

Una vez analizado el mercado del reciclaje de baterías desde múltiples perspectivas como económica, tecnológica, regulatoria y medioambiental, se pueden identificar diversas oportunidades de negocio, así como nichos aún no cubiertos que pueden ser aprovechados tanto por los fabricantes de baterías como por los de vehículos. En este contexto, resulta clave examinar las distintas acciones adoptadas por los fabricantes de equipos originales (OEM), ya que sus enfoques y decisiones estratégicas están marcando tendencias relevantes dentro del sector.

Por ejemplo, empresas como Mercedes-Benz y BMW han optado por modelos de colaboración con compañías especializadas en reciclaje para desarrollar conjuntamente instalaciones propias. Este tipo de alianzas permite compartir conocimiento técnico, experiencia operativa y capacidades financieras, lo que puede acelerar el cumplimiento de los objetivos establecidos por la Comisión Europea en materia de sostenibilidad. No obstante, también implica ciertos riesgos, como se ha observado en el caso de Northvolt y Volvo, donde la colaboración no alcanzó los resultados esperados. A pesar de ello, una asociación bien estructurada y con el socio

adecuado puede aportar valor añadido, posicionando a la marca como pionera en prácticas sostenibles e innovadoras.

En contraste, otros OEM como Renault han adoptado un enfoque menos integrado, centrado en acuerdos estratégicos y el aprovechamiento de infraestructuras existentes, ya sean propias o de terceros. Esta estrategia otorga mayor flexibilidad y agilidad operativa, especialmente en el corto plazo. Sin embargo, a largo plazo, podría traducirse en costes más elevados y menor control sobre los procesos, en comparación con las estrategias de integración vertical adoptadas por otros fabricantes.

Adicionalmente, como se ha puesto de relieve en el análisis, la elección del proceso de reciclaje adecuado constituye un factor crítico. Seleccionar tecnologías eficientes y sostenibles no solo puede suponer una ventaja económica considerable, sino que también tiene un impacto directo en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y en la disminución de la dependencia europea de materias primas importadas, dos prioridades clave para la UE.

En conclusión, el estudio pone de manifiesto la importancia de evaluar detenidamente los diferentes modelos operativos adoptados por los OEM y de alinear sus estrategias con las regulaciones vigentes y futuras. La implementación temprana de prácticas eficientes, sostenibles y escalables, junto con la creación de estándares industriales comunes, no solo refuerza la competitividad y reputación de las marcas, sino que también responde a las crecientes exigencias de consumidores e instituciones. En este sentido, avanzar hacia modelos de negocio más resilientes, circulares y colaborativos será esencial para afrontar con éxito los retos del sector, optimizar recursos, minimizar el impacto ambiental y garantizar la sostenibilidad a largo plazo del ecosistema de los vehículos eléctricos.

Bibliografía

Ascend elements. (2024, agosto 1). Patented Hydro-to-Cathode® direct precursor synthesis process increases material performance and value. Recuperado 25 de noviembre de 2024, de Innovation website: <https://ascendelements.com/innovation/>

Battery Electric Vehicles—Europe [Data set]. (2024). [Data set]. Recuperado de <https://www.statista.com/outlook/mmo/electric-vehicles/battery-electric-vehicles/europe?currency=EUR>

Battery recycling without limits. (s. f.). Primobius. Recuperado de <https://www.primobius.com/de-de/news-media/downloads>

Bloomberg News. (2024, noviembre 25). *Northvolt's collapse started with BMW pulling its €2B battery contract.* Recuperado de <https://www.autonews.com/ev/ane-northvolt-batteries-funding-bmw-bankruptcy/>

Bosna, F. (2024, junio 4). Advancements in Battery Recycling: Novocycle's Breakthrough Process for Reintegrating 100% of Recycled Anode Materials. Recuperado de <https://novocycle.com/press/advancements-in-battery-recycling-novocycle-s-breakthrough-process-for-reintegrating-100-of-recycled-anode-materials>

CATL Unveils Freevoy Super Hybrid Battery, Heralding a New Era of Sustainable Travel. (2024, octubre 24). Recuperado de <https://www.catl.com/en/news/6301.html>

Catsaros, O. (2024, diciembre 10). *Lithium-Ion Battery Pack Prices See Largest Drop 2017, Falling to \$115 per Kilowatt-Hour: Bloomber.* Recuperado de

<https://about.bnef.com/blog/lithium-ion-battery-pack-prices-see-largest-drop-since-2017-falling-to-115-per-kilowatt-hour-bloombergnef/>

Comitor, J. Tan, P. (2024, enero 8). *24M® Introduces Impervio™—A Separator Technology That Delivers Unprecedented Safety Improvements for Lithium Batteries*. Recuperado de <https://24-m.com/press-releases/24m-introduces-impervio-a-separator-technology-that-delivers-unprecedented-safety-improvements-for-lithium-batteries>

D'souza, S. Diaz, L. (2025, febrero 3). *Li-Cycle Further Expands Commercial Footprint in EU with Additional Exclusive Recycling Partnership for its Germany Spoke*. Recuperado de <https://li-cycle.com/press-releases/li-cycle-further-expands-commercial-footprint-in-eu-with-additional-exclusive-recycling-partnership-for-its-germany-spoke/>

Eramine, ReLieVe: Discover the interview with Geoff Streeton. (2024, octubre 24). Recuperado 13 de enero de 2025, de <https://www.eramet.com/en/news/eramine-relieve-interview-with-geoff-streeton/#>

European Commission. Commission Regulation establishing, pursuant to Directive 2006/66/EC of the European Parliament and of the Council, rules as regards capacity labelling of portable secondary (rechargeable) and automotive batteries and accumulators. , 1103/2010 EU § (2010).

European Commission. Commission Regulation laying down, pursuant to Directive 2006/66/EC of the European Parliament and of the Council, detailed rules regarding the calculation of recycling efficiencies of the recycling processes of waste batteries and accumulators. , 493/2012 EU § (2012).

European Commission. (2023, marzo 16). European Critical Raw Materials Act.

Recuperado 10 de diciembre de 2024, de Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council establishing a framework for ensuring a secure and sustainable supply of critical raw materials and amending Regulations (EU) 168/2013, (EU) 2018/858, 2018/1724 and (EU) 2019/102 website: https://single-market-economy.ec.europa.eu/publications/european-critical-raw-materials-act_en

European Commission. (2025a). *European Alternative Fuels Observatory* [Data set].

Recuperado de <https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/transport-mode/road/european-union-eu27>

European Commission. (2025b, enero 17). Carbon Border Adjustment Mechanism.

Recuperado 18 de enero de 2025, de https://taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism_en#why-cbam

European Parliament, Council of the European Union. Regulation on shipments of waste. , 1013/2006 EC § (2006).

European Parliament, Council of the European Union. Directive on the inland transport of dangerous goods. , 2008/68 EC § (2008).

European Parliament, Council of the European Union. Regulation on classification, labelling and packaging of substances and mixtures, amending and repealing Directives 67/548/EEC and 1999/45/EC, and amending Regulation (EC) No 1907/2006. , 1272/2008 EC § (2008).

European Parliament, Council of the European Union. Directive on waste electrical and electronic equipment (WEEE). , 2012/19 EU § (2012).

European Parliament, Council of the European Union. Regulation on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free

movement of such data, and repealing Directive 95/46/EC (General Data Protection Regulation). , 2016/679 EU § (2016).

European Parliament, Council of the European Union. Regulation concerning batteries and waste batteries, amending Directive 2008/98/EC and Regulation (EU) 2019/1020 and repealing Directive 2006/66/EC. , 2023/1542 EU § (2023).

European Parliament, Council of the European Union. Regulation on the deployment of alternative fuels infrastructure, and repealing Directive 2014/94/EU. , 2023/1804 EU § (2023).

Hans Heimes, H., Kampker, A., Friege, M., Soldan, N., Frank, M., Vahle, T., & Schneider, A. (2024). *The EU Battery Regulation*. Recuperado de https://www.pem.rwth-aachen.de/global/show_document.asp?id=aaaaaaaacoaupiz

Jacobs, C. Scheers, M. (2022a, febrero 11). *Umicore introduces new generation Li-ion battery recycling technologies and announces award with ACC*. Recuperado de <https://www.umicore.com/en/media/newsroom/new-generation-li-ion-battery-recycling-technologies-and-announces-award-with-acc/#english>

Jacobs, C. Scheers, M. (2022b, abril 27). *Umicore and ACC enter strategic partnership for EV battery materials in Europe*. Recuperado de <https://www.umicore.com/en/media/newsroom/umicore-and-acc-enter-strategic-partnership-for-ev-battery-materials-in-europe/>

Jeske-Schoenhoven, F. (2024, julio 24). *Dunkirk, the recycling channel's port of call*. Recuperado de <https://www.suez.com/en/news/suez-eramet-recycle-electric-vehicle-batteries>

Kennard, B. Hoez, J. Nogueira Gomes, P. (2025, enero 21). *New car registrations: +0.8% in 2024; battery-electric 13.6% market share*. p. 6.

Estudio de mercado sobre las actividades y mejores prácticas llevadas a cabo por las OEM en el reciclaje de las baterías de los vehículos eléctricos.

Librec AG. (2021, febrero 17). We assist with your battery or car production process by swiftly feeding all your production material or batteries back into the loop. We've got all the necessary steps covered. Recuperado 19 de diciembre de 2024, de <https://librec.ch/en/services/>

Marxt, C. (2024, noviembre 27). *Innovative direct recycling at the BMW Group__New Competence Centre_ in Lower Bavaria returns battery cell raw materials to the loop*. p. 4.

Mercedes-Benz Group. (2024, octubre 21). *Own recycling factory to close the battery loop*. Recuperado de <https://group.mercedes-benz.com/company/news/recycling-factory-kuppenheim.html>

Molland, H. Rambol Hagen, M. (2025, enero 13). *Hydro and Northvolt have signed an agreement where Hydro will acquire the remaining shares in the battery recycler Hydrovolt for NOK 78 million. Hydro is increasing its ownership in Hydrovolt from 72 to 100 percent through this transaction*. Recuperado de <https://www.hydro.com/en/global/media/news/2025/hydro-acquires-remaining-shares-in-hydrovolt/>

Mossalgue, J. (2024, octubre 18). *Mystery deaths and no cash, Northvolt may now get a rescue package*. Recuperado de <https://electrek.co/2024/10/18/mystery-deaths-and-no-cash-northvolt-may-now-get-a-rescue-package/>

Nolan, C.; Silveira, F.; Roussel, N. (2024, octubre 23). *Stellantis and Factorial Take Next Step to Accelerate the Future of Electric Vehicles with Solid-State Battery Technology*. Recuperado 13 de febrero de 2025, de <https://www.stellantis.com/en/news/press-releases/2024/october/stellantis-and-factorial-take-next-step-to-accelerate-the-future-of-electric-vehicles-with-solid-state-battery-technology>

Press Office. (2024, septiembre 25). *Finance Press release: New direction for the partnership between Stellantis and Orano in battery recycling*. Recuperado de <https://www.orano.group/en/news/news-group/2024/september/new-direction-for-the-partnership-between-stellantis-and-orano-in-battery-recycling>

Proff, H. Bowman, K. Robinson, R. Barber, C. (2024). *2024 Global Automotive Consumer Study* (Consumer Study N.º 8299933). Deloitte Global. Recuperado de <https://www.deloitte.com/at/de/Industries/automotive/perspectives/global-automotive-consumer-study.html>

Puczen, S. Frey, T. (2024, septiembre 19). *AE Elemental Opens Advanced Lithium-Ion Battery Recycling Facility in Poland*. Recuperado de <https://ascendelements.com/ae-elemental-opens-advanced-lithium-ion-battery-recycling-facility-in-poland/>

Redazione Enel X Global. (2025, febrero 13). *PIONEER, an innovative system that provides clients with both energy and value*. Recuperado 14 de febrero de 2025, de *PIONEER, an innovative system that provides clients with both energy and value* website: <https://corporate.enelx.com/en/stories/2024/06/pioneer-second-life-battery-energy-storage-system-aeroporti-di-roma>

Rouget, F. Faucon, J. (2024, octubre 3). *Renault Group and SUEZ join forces to fast-track circularity in Europe's automotive sector*. Recuperado de <https://media.renaultgroup.com/renault-group-and-suez-join-forces-to-fast-track-circularity-in-europes-automotive-sector/>

Scheers, M. Jacobs, C. (2023, octubre 6). *Umicore and PowerCo proudly present IONWAY*. Recuperado de

<https://www.umicore.com/en/media/newsroom/umicore-and-powerco-proudly-present-ionway/>

Stena Recycling. (2024, abril 26). Lithium-ion battery collection, recycling and reuse.

Recuperado 19 de noviembre de 2024, de <https://www.stenarecycling.com/what-we-offer/material-recycling/batteries/>

Stena Recycling. (s. f.). Re-made in Sweden. Recuperado 19 de noviembre de 2024,

de News & Insights website: <https://www.stenarecycling.com/news-insights/insights-inspiration/guides-articles/re-made-in-sweden/>

Stephan, M. (2024, agosto 7). Battery recycling in Europe continues to pick up speed:

Recycling capacities of lithium-ion batteries in Europe. Recuperado 19 de diciembre de 2024, de Battery Update website: <https://www.isi.fraunhofer.de/en/blog/themen/batterie-update/lithium-ionen-batterie-recycling-europa-kapazitaeten-update-2024.html>

Taguine, S. (2023, octubre 24). *Batteries Press release: Stellantis and Orano Enter*

Electric Vehicle Battery Recycling Agreement. Recuperado de <https://www.orano.group/en/news/news-group/2023/october/stellantis-and-orano-enter-electric-vehicle-battery-recycling-agreement>

Volvo Cars Media Relations. (2024, octubre 30). *Volvo Cars initiates process to take*

full ownership of NOVO Energy. Recuperado de <https://www.media.volvocars.com/global/en-gb/media/pressreleases/336640/volvo-cars-initiates-process-to-take-full-ownership-of-novo-energy>