

**Recomendaciones
para una Estrategia
Sectorial para la
Gestión de Baterías
Usadas de Ion-Litio en
Colombia**

Recomendaciones para una Estrategia Sectorial para la Gestión de Baterías Usadas de Ion-Litio en Colombia

Realizada por:

Carlos A. Hernandez Santana
Federico Werner
Mathias Schlupe

Marzo 2025

Organizaciones que contribuyeron a la creación de este documento

Financiación

- GIZ
(Agencia Alemana de Cooperación Internacional)

Implementación

- World Resources Forum
- Ökoinstitut e.V.

Organizaciones participantes

Gobierno y Academia

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente)
- Ministerio de Transporte – Grupo de Asuntos Ambientales
- Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá
- Universidad de Antioquia

Agrupaciones empresarias y Sistemas de Recolección y Gestión de RAEE

- ANDI: Cámara de la Industria Automotriz, Cámara de Motocicletas y Vicepresidencia de Desarrollo Sostenible
- Ecocomputo

- General Motors de Colombia
- Pilas con el Ambiente
- Recoenergy
- Tronex
- Recopila

Gestores de RAEE

- Altero
- BATx
- Innova/Recobat
- Lito
- Orinoco
- PCShek

Documento realizado con el apoyo de:



Ministerio Federal de
Cooperación Económica
y Desarrollo

Resumen ejecutivo

En Colombia el sector de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) ha experimentado un notable crecimiento en las últimas dos décadas, lo que ha permitido que se consolide como un pilar esencial para el desarrollo económico y social del país. Paralelo a este crecimiento, también ha ido en aumento la generación de baterías de ión-litio (LIB), utilizadas principalmente en los Aparatos Eléctricos y Electrónicos, AEE, y en sistemas de almacenamiento de energía. Con la introducción de estrategias dirigidas a promover la movilidad y energías sostenibles, como la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica expedida en 2019 por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Ministerio de Minas y Energía, el Ministerio de Transporte y la Unidad de Planeación Minero Energética, y la Estrategia de Energías Renovables, expedida en 2024, se espera igualmente que en los próximos años haya un crecimiento importante de las LIB usadas (ULIB) provenientes de estos sectores. Esto presenta un panorama desafiante, pero también de nuevas oportunidades para la industria nacional dedicada al reacondicionamiento y al reciclaje de estas baterías.

Aunque desde 2012 el país cuenta con una red establecida de recolección y procesamiento de baterías, provenientes principalmente de los AEE, se estima que la capacidad instalada actualmente no será suficiente para gestionar el incremento proyectado proveniente de la movilidad eléctrica y los sistemas de almacenamiento de energía. Ante esta situación, el programa global Go Circular de la Agencia de Cooperación Alemana para el Desarrollo Internacional (GIZ) ha propuesto su colaboración

para impulsar capacidades colombianas en materia de gestión de baterías de ion-litio usadas (ULIB). La iniciativa se compone de dos medidas principales: la recopilación de información sobre aspectos técnicos de la gestión de ULIB, con foco en la reutilización y el reciclaje, y el diseño de una estrategia intersectorial para la Gestión de Baterías Usadas de Ion-Litio en Colombia (este documento) en la que se defina, en un proceso colaborativo con los actores relevantes, el camino a seguir para enfrentar los retos actuales y futuros.

El presente documento identifica en su primera parte la situación actual y los principales desafíos que enfrenta el sector relacionado con la gestión de las ULIB, abordándolos desde las etapas de la recolección, el reacondicionamiento y la reutilización, y el reciclaje. Así mismo, se hace un recuento de los avances del marco normativo colombiano y las brechas que aún persisten. De acuerdo con información suministrada por los SRYG, la recolección de pilas y acumuladores en el país enfrenta retos como la dificultad para cumplir con el índice de recolección y gestión (IRG), y para el caso específico de las LIB, la falta de datos precisos sobre las cantidades puestas en el mercado. El reacondicionamiento y el reciclaje de las LIB enfrentan barreras similares como la consecución de volúmenes suficientes que garanticen el punto de equilibrio económico, deficiencias tecnológicas, falta de capacitación y falta de incentivos, entre otros aspectos.

En la segunda parte del documento se presentan las recomendaciones estratégicas para enfrentar los retos identificados, las cuales abarcan aspectos tales como la

construcción de un sistema de información y trazabilidad para las LIB, la integración de actores clave en la cadena de valor y centros de acopio, el fomento al reacondicionamiento con estándares internacionales y certificación de baterías para segunda vida, el impulso al reciclaje de las baterías no aptas para segunda vida, y finalmente, recomendaciones sobre la gobernanza de la estrategia y capacitación de todos los actores.

Las recomendaciones también analizan los avances del país en el marco normativo y proponen fortalecer la implementación e incorporar las mejores técnicas disponibles y las mejoras prácticas ambientales para garantizar una gestión eficiente y sostenible.

La elaboración de este documento contó con la participación de los principales actores involucrados en la cadena de valor de la gestión de las baterías de Ion Litio en Colombia y su único objetivo es proporcionar elementos que contribuyan a una gestión eficiente y segura de ULIB que reduzca riesgos ambientales, potencie la economía circular, genere nuevas oportunidades de negocio y contribuya a los objetivos de transición energética y sostenibilidad del país. Este documento no tiene ningún carácter vinculante, pero se espera que los actores que participaron en su elaboración lo apropien e implementen las actividades que consideren prioritarias en el futuro cercano.

Contenido

| | |
|---|----|
| Resumen ejecutivo | 3 |
| Abreviaturas | 6 |
| 1. Introducción | 7 |
| 1.1 Contexto general | 7 |
| 1.2 Descripción y objetivo de las recomendaciones para una estrategia sectorial | 9 |
| 1.3 Alcance y metodología | 9 |
| 2. Contexto sobre la Gestión de baterías de litio en Colombia | 11 |
| 2.1 Puesta en el mercado y primer uso | 13 |
| 2.2 Recolección, transporte, reacondicionamiento y reciclaje de las ULIB en Colombia | 19 |
| 2.2.1 Recolección | 20 |
| 2.2.2 Transporte | 22 |
| 2.2.3 Reacondicionamiento | 23 |
| 2.2.4 Reciclaje de las ULIB | 25 |
| 2.3 Marco Normativo Colombiano relacionado con las baterías de litio | 27 |
| 3. Hoja de ruta para la gestión de baterías de litio | 31 |
| 3.1 Puesta en el Mercado y Recolección | 31 |
| 3.1.1 Sistema de información y trazabilidad para ULIB | 32 |
| 3.1.2 Integración de los actores de la cadena de valor | 34 |
| 3.1.3 Programa de capacitación dirigido a los primeros actores de la cadena de valor | 36 |
| 3.2 Reacondicionamiento y Reutilización de las ULIB | 39 |
| 3.2.1 Desarrollo de la industria electrónica local | 40 |
| 3.2.2 Elaboración de estándares técnicos para el reacondicionamiento de las ULIB y Certificación de LIB para segunda vida | 40 |
| 3.2.3 Promoción del mercado de ULIB reacondicionadas | 42 |
| 3.2.4 Red de centros de diagnóstico para ULIB | 43 |
| 3.3 Reciclaje de las ULIB | 45 |
| 3.3.1 Renovación tecnológica de las plantas recicladoras de ULIB | 46 |
| 3.3.2 Mercado de los productos resultantes del reciclaje | 46 |
| 4. Propuesta para la gobernanza de la estrategia | 51 |
| 5. Referencias | 53 |

Abreviaturas

| | |
|---------------|---|
| AEE | Aparato Eléctrico o Electrónico |
| ANDI | Asociación Nacional de Industriales de Colombia |
| ANLA | Autoridad Nacional de Licencias Ambientales |
| BMS | Sistema de gestión de la batería (battery management system) |
| EoL | Final de vida (<i>end of life</i>) |
| EV | Vehículo eléctrico (<i>electric vehicle</i>) pesado o liviano |
| GIZ | Agencia Alemana de Cooperación Internacional (<i>Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH</i>) |
| LIB | Baterías de ion-litio (<i>lithium-ion battery</i>) |
| MinAmbiente | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia |
| MinCiencias | Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia |
| MCIT | Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia |
| MinTransporte | Ministerio de Transporte de Colombia |
| NTC | Norma Técnica Colombiana |
| RAEE | Residuos de aparatos eléctrico y electrónicos |
| RE | Energía renovable (<i>renewable energy</i>) |
| REP | Responsabilidad extendida del productor |
| SENA | Servicio Nacional de Aprendizaje |
| SOH | Estado de salud de la batería (<i>state of health</i>) |
| SRyG | Sistema de recolección y gestión de RAEE |
| UE | Unión Europea |
| ULIB | Baterías usadas de ion-litio (<i>used lithium-ion battery</i>) |

Nota:

Las abreviaturas de algunos términos se han mantenido iguales a su equivalente en inglés para facilitar la accesibilidad y comparabilidad con la literatura internacional.

1. Introducción

1.1 Contexto general

La gestión de las baterías de litio representa uno de los mayores desafíos tecnológicos y ambientales a nivel global, y es cada vez más relevante debido a su creciente adopción en diferentes sectores industriales. Desde la década de 2010, el mercado mundial de baterías ha crecido a tasas anuales promedio del 30%, impulsado en gran parte por el uso a gran escala de las baterías de ion-litio (LIB). Aunque tradicionalmente las LIB han venido siendo usadas para el funcionamiento de dispositivos electrónicos portátiles, como computadoras, tabletas y teléfonos celulares, su uso se ha extendido a innumerables dispositivos y sistemas en diversas industrias, gracias a su alta densidad energética, su larga vida útil y su diseño liviano. Además de las ya conocidas aplicaciones en la electrónica de consumo, las LIB tienen un amplio uso en la movilidad eléctrica (buses, autos, patinetas, motocicletas), almacenamiento de energía renovable (paneles solares y turbinas eólicas), dispositivos médicos, herramientas eléctricas, robótica, telecomunicaciones y sistemas de respaldo de energía, entre otras muchas más. La urgente necesidad de luchar contra el cambio climático y alcanzar los objetivos de la agenda 2030, han promovido su uso a través de cambios tecnológicos importantes, como la transición energética en el sector transporte y un cambio progresivo de los vehículos de combustión interna hacia los vehículos eléctricos. Actualmente, los vehículos eléctricos (EV) y los sistemas de generación de energía renovable (RE), han impulsado la demanda de este tipo de baterías (Helbig & Hillenbrand, 2024). Dada la expansión prevista del uso de EV, como componente central de las políticas de transición ener-

gética en el mundo, se considera que su crecimiento continuará fortaleciéndose.

De acuerdo con un estudio elaborado por Det Norske Veritas (DNV, 2023), la flota mundial actual de vehículos de transporte en carretera es cercano a los 1.500 millones, excluyendo los vehículos de dos y tres ruedas. DNV proyecta que para 2050 el 78% de los vehículos serán eléctricos, 3% funcionarán con celdas de combustible de hidrógeno y menos de un 20% utilizarán combustibles fósiles. La flota proyectada para ese año será de aproximadamente 1.900 millones de vehículos eléctricos y 500 millones de vehículos de combustión interna.

Si bien existe un impacto ambiental positivo por el uso de LIB en vehículos de transporte, al eliminar la necesidad de usar combustibles fósiles, se hace necesario llamar la atención sobre los impactos ambientales negativos asociados a su producción, debido a la altísima demanda de recursos no renovables como el litio y el cobalto, como también a los impactos generados al final de su vida útil, cuando las baterías no son gestionadas adecuadamente. A medida que aumente la movilidad eléctrica, también aumentará la producción de baterías eléctricas y los volúmenes de baterías de vehículos eléctricos que se acercan al final de su vida útil. En general, se estima que las baterías de los vehículos eléctricos llegan al final de su vida útil después de 10 a 15 años de uso o más de 320.000 Km., y que más de 100 millones de baterías serán retiradas en la próxima década (McKinsey & Company, 2023). Cuando la capacidad de la batería de los EV baja hasta el 70% – 80% ya no puede ser utilizada en los vehículos quedando así tres

opciones: 1) Reutilización o segunda vida, 2) Reciclaje de los materiales constituyentes, 3) Reciclaje directo del cátodo. Estas acciones contribuirán a reducir significativamente la presión ejercida sobre la extracción primaria de los recursos naturales. El litio producido globalmente posee diversas aplicaciones, pero entre ellas, la producción de baterías es actualmente el uso con mayor demanda, con un marcado ascenso en la última década (Alessia, 2021). La Agencia Internacional de la Energía (IEA) estima que la demanda de Litio en 2023 fue de 92 kton, cantidad que se quintuplicará hacia 2030 y se multiplicará por 13 hacia 2040 (IEA, 2024). El mismo estudio señala que el reciclaje de baterías podría satisfacer entre el 20 y 30 % de la demanda de Litio, Níquel y Cobalto para 2050, pero que esto dependerá en gran medida de las tasas de recolección de las baterías usadas. De otra parte, la reutilización de baterías de EV en aplicaciones de almacenamiento podría satisfacer cerca del 10 % de la demanda mundial para 2050.

En Colombia, actualmente el uso de LIB se encuentra principalmente integrado a los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) y en menor grado a la movilidad eléctrica pesada (los EV) y liviana (patinetas eléctricas, bicicletas, etc.). Dado que el mercado de los AEE se caracteriza por una gran diversidad de productos, mayormente importados, existen diversos orígenes de manufactura y flujos de comercialización, lo cual ha dificultado que el país cuente con cifras detalladas de los volúmenes de LIB que han sido puestos en el mercado nacional conjuntamente con los AEE. Sin embargo, el país sí cuenta con estadísticas de las cantidades importadas como unidades individuales para repuesto o mantenimiento de los dispositivos eléctricos y electrónicos puestos en el mercado nacional. Caso similar ocurre con la LIB que vienen incorporadas a los EV que se importan, de

las cuales no existen datos estadísticos ni trazabilidad, pero sí de las unidades individuales que se importan como repuesto. De otra parte, las medidas tomadas para promover la transición energética hacen prever un incremento importante de LIB. En la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica, publicada en 2019, se fijó la meta de alcanzar un parque vehicular eléctrico de 600.000 unidades para 2030 en el país (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible et al., 2019). La ciudad de Bogotá, por su parte, también ha avanzado sustancialmente en la electrificación de su sistema de transporte público y ya contaba con 1485 autobuses eléctricos operativos en 2023. También se ha fijado la meta de que a partir de 2035, el 100 % de los vehículos que se incorporen a la flota deben ser EV (TUMI E-Bus Mission, 2022).

Como parte del ordenamiento de la gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), las autoridades nacionales han instrumentado numerosas normativas. Desde 2010 el país cuenta con regulaciones basadas en la responsabilidad extendida del productor (REP), con hitos importantes como la Ley 1672 de 2013, la Política Nacional para la gestión integral de los RAEE de 2017, y la Resolución 851 de 2022 (MinAmbiente), la cual, entre otros aspectos, define las categorías de AEE y sus residuos, las cuales incluyen la subcategoría de pilas y acumuladores. La implementación de estas normativas ha dado como resultado la conformación de Sistemas de Recolección y Gestión (SRyG) por parte de los productores en el marco de la REP y de empresas dedicadas a su aprovechamiento, reciclado y disposición final. Aun así, se prevé que las capacidades de recolección, aprovechamiento y reciclaje de baterías deben ser incrementadas a fin de cumplir con las metas establecidas en la Resolución 851 de 2022 y los compromisos internacionales adquiridos por el país.

1.2 Descripción y objetivo de las recomendaciones para una estrategia sectorial

Ante el escenario de un incremento de los volúmenes de las baterías de ion-litio usadas, el proyecto persigue potenciar las capacidades de los principales actores relacionados con la gestión de ULIB en el país, en especial de los SRyG y las empresas gestoras. El documento propone iniciativas para fortalecer las operaciones de los sistemas de recolección y gestión (SRyG) de baterías usadas de Litio (ULIB) provenientes del sector de movilidad eléctrica, aumentar los flujos de residuos de baterías y facilitar el cumplimiento de los objetivos de recolección y gestión establecidos en la Resolución 851 de 2022. Así mismo, aborda también temas relacionados con la reutilización y aprovechamiento de las ULIB para una segunda vida, y temas relacionados con el reciclaje y aprovechamiento de los materiales de las ULIB que llegan al final de su vida útil.

El enfoque considerado para las recomendaciones propuestas en este documento fue la co-creación con los diferentes actores de la cadena de valor de las LIB. Como se mencionó anteriormente, este documento no tiene carácter vinculante para ninguna parte, pero si se espera que la propuesta contribuya al fortalecimiento de esta cadena, la cual se enmarca dentro uno de los 6 flujos de materiales considerados prioritarios dentro de la Estrategia Nacional de Economía Circular, ENEC, (Flujo de materiales industriales y productos de consumo masivo). Así mismo, la estrategia incluye varios de los mecanismos de gestión de economía circular considerados en la ENEC, como son la Innovación en mecanismos normativos existentes y el desarrollo de nuevas regulaciones, Capacitación y asistencia técnica a los diferentes acto-

res, Incentivos, Investigación y Desarrollo, Conformación de un Sistema de gestión de la información y la comunicación, Cultura ciudadana y la participación de la Cooperación Internacional como catalizador de estos procesos.

1.3 Alcance y metodología

La elaboración del presente documento contó con la participación de representantes del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Ministerio de Transporte, la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá, los Sistemas de Recolección y Gestión de pilas y acumuladores Pilas con el Ambiente, Recoenergy y Recopila-Tronex, las empresas gestoras de RAEE y ULIB Orinoco, Lito, Innova, Altero, Recobatt, PCShek y Bat X, la Universidad de Antioquia, General Motors, y la ANDI a través de la Vicepresidencia de Desarrollo Sostenible, la Cámara de Moto-cicletas y la Cámara de la industria automotriz. Metodológicamente, en junio de 2024 el equipo del proyecto realizó visitas técnicas a cinco instalaciones de gestión de baterías usadas en las ciudades de Bogotá, Cali y Medellín, y a los laboratorios del CIDEMAT en la Universidad de Antioquia, para culminar con un taller de lanzamiento del proyecto y presentación de la propuesta. Posteriormente, se realizaron 4 talleres más con los representantes de las entidades antes mencionadas, en las cuales se presentaban los avances, se recibía retroalimentación y se cocreaba el documento. Así mismo, se realizaron varias reuniones bilaterales con los actores involucrados, con el propósito de complementar la información y precisar los detalles necesarios para el desarrollo del documento.

La elaboración de este documento implicó también la recolección y revisión de literatura técnica, incluyendo estudios enfocados en la situación colombiana e internacional

y compendios de buenas prácticas en la temática. Aunque inicialmente el alcance temático estaba propuesto solamente para la recolección, a través de las diferentes reuniones y a solicitud de las partes interesadas, se decidió incluir también las etapas de aprovechamiento y reciclaje. El documento presenta en su primera parte el análisis de la situación colombiana en la gestión de la ULIB y, a partir de ahí, en la segunda parte presenta las recomendaciones que se proponen para las etapas de 1) Recolección, 2) Reutilización de las ULIB y 3) Reciclaje de las ULIB y aprovechamiento de materiales. Este documento está estrechamente ligado a la “Guía Técnica de gestión de ULIB” (desarrollada en el marco del mismo proyecto), por lo cual se recomienda su lectura previa para mejor entendimiento.

De otra parte, aunque las recomendaciones abarcan a las ULIB en general, se enfocan principalmente en las provenientes de la movilidad eléctrica, pues se considera que este es el mayor reto que tiene el país en los próximos años dado su alto crecimiento, las proyecciones futuras y la regulación actual. La obligación de recolectar y gestionar las ULIB provenientes de vehículos eléctricos es relativamente nueva, pues solo aparece en el año 2022 con la expedición de la Resolución 0851 de 2022 y los SRyG deben cumplir con las respectivas metas a partir del año de gestión 2024, es decir, de lo puesto en el mercado en los años 2021, 2022 y 2023. Las ULIB provenientes del sector electrónico están contempladas en este documento, aunque los SRyG cuentan con una experiencia cercana a una década en los procesos de recolección y gestión. Esto no significa que esta problemática está resuelta, pues se reconoce que persisten vacíos normativos y técnicos, así como muchas oportunidades de mejora.

2. Contexto sobre la Gestión de baterías de litio en Colombia

En Colombia, el uso de LIB se encuentra muy extendido a nivel de los AEE de consumo masivo, en especial aquellos asociados a las tecnologías de la información y comunicación (TIC), como computadores y teléfonos celulares. Desde 2012 Colombia avanzó en la reglamentación, recolección y baterías recargables de Litio, utilizadas en diferentes dispositivos como celulares, laptop, y pequeños dispositivos para el hogar, que prepararon el ambiente para la gestión de baterías de movilidad eléctrica. El uso de LIB para la electromovilidad (propulsión de EV) es más reciente y todavía presenta una escala de adopción más baja. Su uso en sistemas de energía renovables (RE) para abastecimiento de usuarios o instalaciones aisladas también muestra un nivel de adopción moderado. Sin embargo, estos dos últimos casos presentan un importante potencial de crecimiento, a partir de las políticas vigentes de promoción de la electrificación del transporte y de las RE. Cuando las LIB llegan al final de su vida útil son consideradas residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), clasificadas bajo la subpartida 3.11, Pilas y acumuladores, de la Resolución 0851 de 2022.

En este capítulo se describirá la situación nacional actual de las baterías de litio en general, independientemente del uso que se les dé, pero se hará especial énfasis en la movilidad eléctrica por las razones expuestas anteriormente. A lo largo del documento se utilizará la abreviatura EV para referirse tanto a la movilidad eléctrica pesada (vehículos de 4 o más ruedas) como liviana o de dos ruedas (patinetas eléctricas, bicicletas, etc.). En primer lugar, se analizará el flujo desde que las baterías entran y se distribuyen en el país, abordando luego las etapas de primer uso, reacondicionamiento,

segunda vida y reciclaje, como se observa en la **↪ figura 1**. Para cada etapa se realiza un recuento de la situación actual, los retos, las oportunidades y los actores involucrados, y al final del capítulo se mencionan las principales regulaciones que se han implementado en el país referentes a baterías y acumuladores.

El país cuenta con una nutrida red de actores interesados en participar del incipiente sector de la gestión de ULIB. Algunos de ellos, como empresas gestoras y SRyG, han desarrollado una sólida trayectoria en la temática de LIB, producto de la implementación de la regulación sobre RAEE. Asimismo, existen actores de surgimiento más reciente, como las empresas comercializadoras de EV, de LIB y nuevas empresas de reciclaje orientadas específicamente a las ULIB. De otra parte, cabe aclarar que este documento el término de “Productor” se utiliza principalmente para referirse al importador/fabricante, en concordancia con lo definido en la legislación colombiana (Ley 1672 de 2013).

Figura 1:

Flujo actual de las LIB de movilidad eléctrica en Colombia y actores involucrados

Nota: las entidades aquí mencionadas son las identificadas por el proyecto, es posible que puedan existir más o que surjan nuevas.

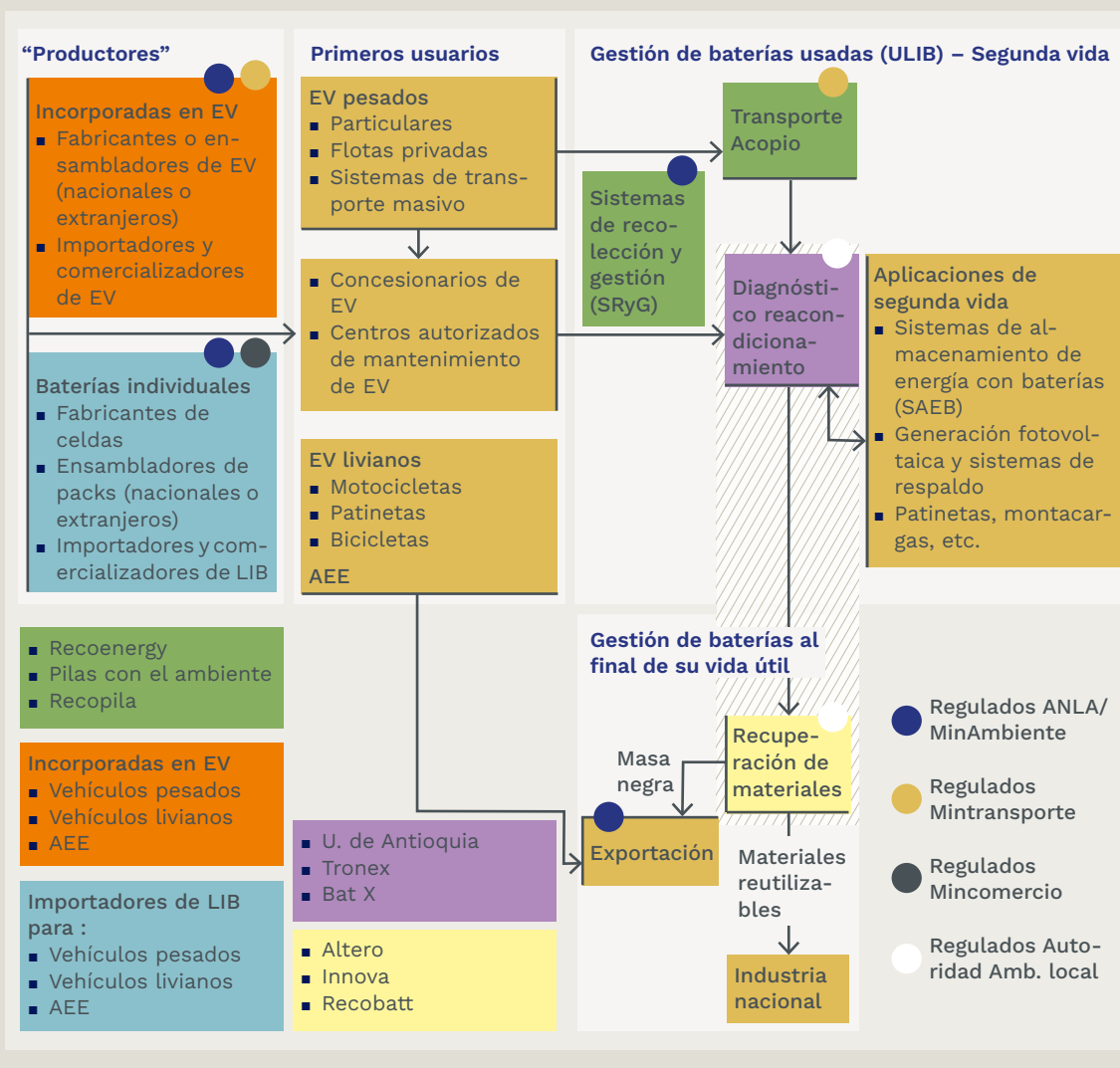


Tabla 1:

Actores relacionados con el sector de LIB en Colombia

Fuente: elaboración propia, 2025.

| Categoría | Ejemplos | Comentarios |
|--|---|---|
| Importadores y comercializadores de EV | BYD, Kia, Zeekr, Toyota, Mazda Suzuki, Renault, Hyundai. | Vehículos de 4 ruedas |
| | STARKER, NIU, TG, BIOBICIS, AIMA. | Vehículos de dos ruedas |
| Importadores y comercializadores de LIB | Empresas de los sectores de la electrónica, el automotriz, la movilidad liviana, la salud, las herramientas eléctricas, la telefonía, energía solar, la ingeniería, el agro y la entretenimiento. | A diciembre de 2024 se identificaron más de 900 empresas importadoras de LIB |
| Diagnóstico, reutilización y reciclaje de ULIB | Altero (Guarne, Antioquia) | Reciclaje de ULIB. |
| | Innova Ambiental (Cali) | Reciclaje de ULIB. |
| | Recobatt (Bogotá) | Evaluación y diagnósticos de ULIB. |
| | Tronex (Medellín) | Evaluación y diagnósticos de ULIB. Manufactura packs de baterías de segunda vida. |

| Categoría | Ejemplos | Comentarios |
|------------------|--|---|
| | Universidad de Antioquia | Evaluación y diagnósticos de ULIB. También produce LIB a escala de laboratorio. |
| | BATx (Medellín, Antioquia) | Evaluación y diagnósticos de ULIB. Provee servicios de almacenamiento de energía mediante equipos construidos a partir de baterías de segunda vida. |
| SRyG | Pilas con el Ambiente, Recoenergy, Recopila | Sistemas de Recolección y Gestión de Pilas y Acumuladores |
| Gestores de RAEE | Más de 90 empresas autorizadas, distribuidas en las principales ciudades del país. | Envían a los SRyG y gestores de ULIB las baterías que salen de los equipos electrónicos desensamblados. |

2.1 Puesta en el mercado y primer uso

Colombia no cuenta con producción local de baterías de litio a escala industrial, aunque a escala de laboratorio la Universidad de Antioquia, a través del CIDEMAT (Centro de Investigación de materiales), ha desarrollado algunos prototipos. Las LIB que se ponen actualmente en el mercado nacional ingresan por dos vías: (i) incorporadas dentro de los equipos electrónicos y vehículos híbridos o eléctricos importados (incluyendo las motos) o (ii) como packs o unidades individuales que se importan como repuesto para ofrecer el servicio técnico de mantenimiento.

Baterías incorporadas en los EV y los AEE importados

El país enfrenta su primer reto con relación a las LIB que ingresan incorporadas en los AEE, dentro de los vehículos híbridos o eléctricos (vehículos de 4 o más ruedas), o con los vehículos livianos (3 o menos ruedas), pues, aunque existen estadísticas del número de AEE y EV que ingresan al país, no se lleva ninguna contabilidad del volumen (en peso o unidades) de las baterías que ingresan por este medio. En el caso de los EV de 4 o más ruedas, se conoce

el número de vehículos que se importan de diferentes marcas y tecnologías y que, en general, el peso de las LIB en vehículos eléctricos está en el rango de los 100 kg hasta los 544 kg, dependiendo de la tecnología, la capacidad energética (kWh), la densidad energética, el tamaño del EV, o la autonomía, entre otros parámetros. Las baterías de los vehículos entre 6 y 12,5 kWh rondan los 100 a 150 kg, mientras que los de mayor autonomía, con una capacidad energética de 60 a 100 kWh, tienen un peso de batería de 380 a 550 kg, aproximadamente.

La carencia de información precisa sobre cuántas LIB se están poniendo actualmente en el mercado nacional bajo esta modalidad, dificulta hacer la trazabilidad y resalta la necesidad de considerarlo en los estudios de importación y la regulación del sector. Sin embargo, como orientación de las dimensiones del mercado se pueden tomar las estadísticas de vehículos matriculados en el RUNT, impulsados a batería. De acuerdo con el *Boletín vehículos eléctricos e híbridos* (ANDI, FENALCO), la venta de estos vehículos ha mostrado un incremento constante en la última década, como se aprecia en la [↪ figura 2](#). El crecimiento puede ser explicado en parte por el fomento y los estímulos establecidos en la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica, ENME, lanzada por el Ministerio de Ambien-

te y Desarrollo Sostenible, el Ministerio de Minas y Energía y el Ministerio de Transporte en 2019.

Aquí se puede apreciar la evolución histórica de la venta de vehículos de 4 ruedas propulsados parcial (híbridos) o totalmente (eléctricos) por baterías, incluyendo automóviles particulares, vehículos utilitarios y de transporte de personas (buses). Debe considerarse que los vehículos híbridos usan otros tipos de baterías además de las LIB, como por ejemplo las de níquel-metal hidruro (NiMH). De otra parte, el mismo Boletín resalta también los siguientes hechos:

- Solamente en enero de 2025, el registro de vehículos eléctricos tuvo una participación del 6,7% y los híbridos una participación del 22% sobre el total de vehículos registrados en el país. Las ciudades con mayor crecimiento fueron Pereira, con un aumento del 2300%; Manizales, con un 1350%; y Rionegro, con un 700%. En el caso de los vehículos híbridos, los mayores incrementos se

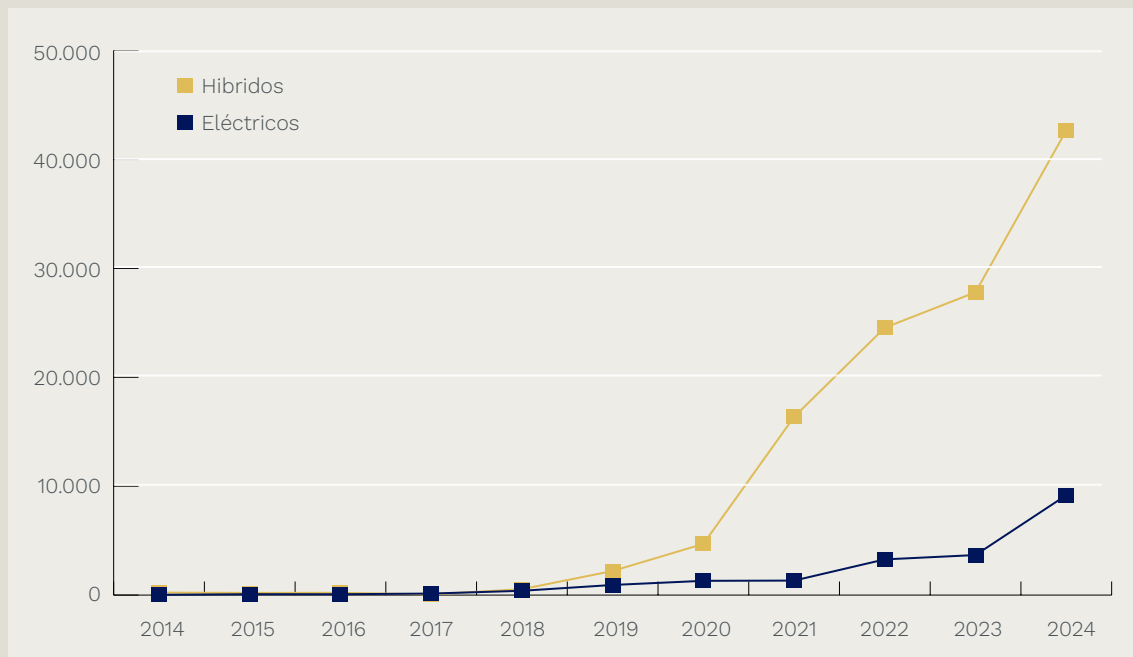
registraron en Manizales (593%), Ibagué (567%) y Pasto (300%).

- Entre enero de 2024 y enero de 2025, las matrículas de vehículos eléctricos aumentaron un 345%, con 966 unidades, mientras que las de vehículos híbridos aumentaron un 57,5%, con 3.145 unidades.
- En el segmento de vehículos eléctricos, los utilitarios, automóviles y pick-ups fueron los más vendidos. Los automóviles mostraron un incremento anual del 198,9%, los utilitarios del 457,4% y las pick-ups del 800%. De manera similar, en el caso de los vehículos híbridos, los segmentos con mayores ventas también fueron los utilitarios, automóviles y pick-ups.

En cuanto a las marcas de vehículos eléctricos que presentaron el mayor número de matrículas en el mes enero de 2025, los primeros lugares los representan BYD con el 49%, Volvo con 9,5%, Kia con 9,5%,

Figura 2:
Venta de vehículos Híbridos y eléctricos en Colombia

Fuente: ANDI_FENALCO, 2025.



Zeekr con 5,5 % y BMW con 3,2 %. Estas 5 marcas representan el 76,7% del total de vehículos eléctricos matriculados en el

primer mes del año. En vehículos híbridos, las cinco marcas con mayor número de matrículas fueron Toyota (25,5%), Mazda (14,6 %), Suzuki (12,1%), Renault (9,3%) y Hyundai (8,5 %). representando el 70 % del total de vehículos híbridos matriculados en el primer mes del año.

En cuanto al mercado de vehículos livianos (3 o menos ruedas) como las motocicletas y ciclo-motores eléctricos, si bien en términos de tamaño las baterías son más pequeñas, en términos de número de vehículos importados supera al de los vehículos pesados, como se muestra en la **↪ figura 3**. Las patinetas y bicicletas que utilizan litio en sus baterías se popularizaron desde antes de 2020 y luego de pandemia hubo un crecimiento exponencial. Las motos, aunque de mayor costo pero con mejor desempeño, representan un menor volumen.

Aquí se puede apreciar la evolución histórica de la venta de vehículos de 4 ruedas propulsados parcial (híbridos) o totalmente (eléctricos) por baterías, incluyendo automóviles particulares, vehículos utilitarios y de transporte de personas (buses). Debe considerarse que los vehículos híbridos usan otros tipos de baterías además de las LIB, como por ejemplo las de níquel-metal hidruro (NiMH). De otra parte, el mismo Boletín resalta también los siguientes hechos:

- Solamente en enero de 2025, el registro de vehículos eléctricos tuvo una participación del 6,7% y los híbridos una participación del 22% sobre el total de vehículos registrados en el país. Las ciudades con mayor crecimiento fueron Pereira, con un aumento del 2300%; Manizales, con un 1350%; y Rionegro, con

un 700%. En el caso de los vehículos híbridos, los mayores incrementos se registraron en Manizales (593%), Ibagué (567%) y Pasto (300%).

- Entre enero de 2024 y enero de 2025, las matrículas de vehículos eléctricos aumentaron un 345%, con 966 unidades, mientras que las de vehículos híbridos aumentaron un 57,5%, con 3.145 unidades.
- En el segmento de vehículos eléctricos, los utilitarios, automóviles y pick-ups fueron los más vendidos. Los automóviles mostraron un incremento anual del 198,9%, los utilitarios del 457,4% y las pick-ups del 800%. De manera similar, en el caso de los vehículos híbridos, los segmentos con mayores ventas también fueron los utilitarios, automóviles y pick-ups.

En cuanto a las marcas de vehículos eléctricos que presentaron el mayor número de matrículas en el mes enero de 2025, los primeros lugares los representan BYD con el 49%, Volvo con 9,5%, Kia con 9,5%, Zeekr con 5,5 % y BMW con 3,2%. Estas 5 marcas representan el 76,7% del total de vehículos eléctricos matriculados en el primer mes del año. En vehículos híbridos, las cinco marcas con mayor número de matrículas fueron Toyota (25,5%), Mazda (14,6%), Suzuki (12,1%), Renault (9,3%) y Hyundai (8,5%). representando el 70% del total de vehículos híbridos matriculados en el primer mes del año.

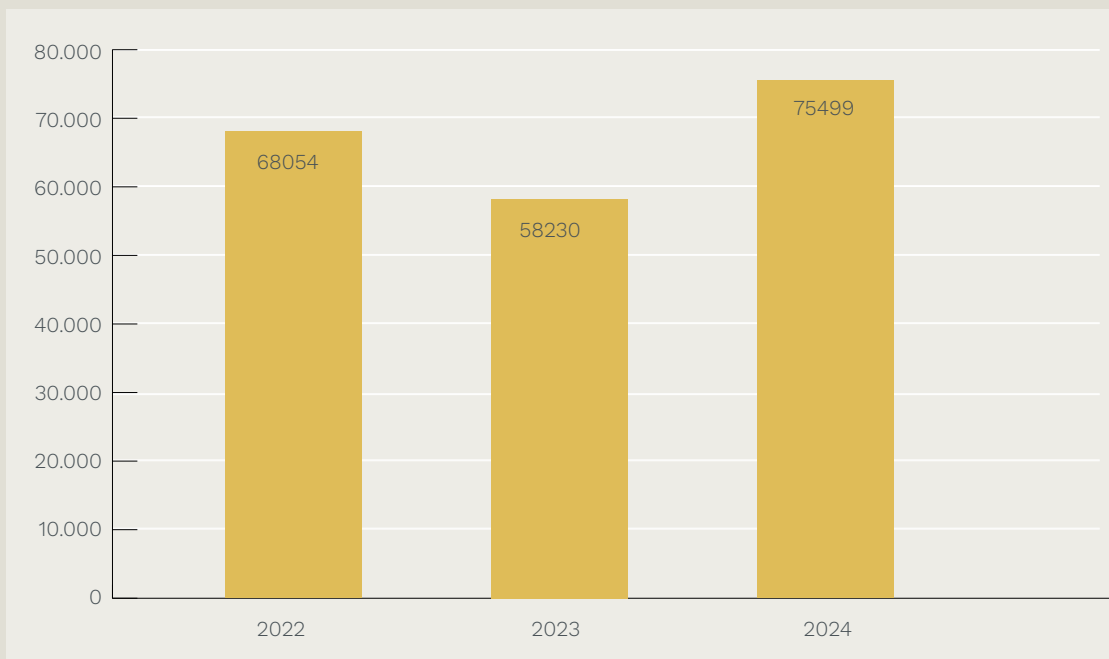
En cuanto al mercado de vehículos livianos (3 o menos ruedas) como las motocicletas y ciclo-motores eléctricos, si bien en términos de tamaño las baterías son más pequeñas, en términos de número de vehículos importados supera al de los vehículos pesados, como se muestra en **↪ figura 3**. Las patinetas y bicicletas que utilizan litio

Figura 3:

Importaciones de motos eléctricas (menor proporción) y patinetas eléctricas

Fuente:

Cámara de la Industria de Motocicletas de la ANDI, Octubre 2024.



en sus baterías se popularizaron desde antes de 2020 y luego de pandemia hubo un crecimiento exponencial. Las motos, aunque de mayor costo pero con mejor desempeño, representan un menor volumen.

y en 2024 bajó al 0,27%. Las marcas que se posicionaron en los primeros lugares de ventas fueron STARKER (38,59%), NIU (13,94%), TG (6,97%), BIOBICIS (6,8%) y AIMA (6,22%). Estas 5 marcas alcanzan el 72,52% del mercado nacional.

Tabla 2:

Registros de motocicletas eléctricas en RUNT a Octubre 2024

Fuente:

Cámara de la Industria de Motocicletas de la ANDI, 2024

| Año | Total | Crecimiento |
|------|-------|-------------|
| 2021 | 2482 | N/A |
| 2022 | 2605 | 5% |
| 2023 | 2106 | - 19% |
| 2024 | 1260 | - 40% |

De acuerdo con información suministrada por la Cámara de la Industria de Motocicletas de la ANDI, entre 2021 y 2024, el mercado de las e-motos se redujo en un 40%, pasando de 2.482 a 1.260 unidades.

Se observó también que el registro de motocicletas y ciclomotores eléctricos es aún muy bajo en comparación con el registro total de motocicletas y ciclomotores que funcionan con combustibles fósiles. La participación en 2023 solo alcanzó el 0,33%

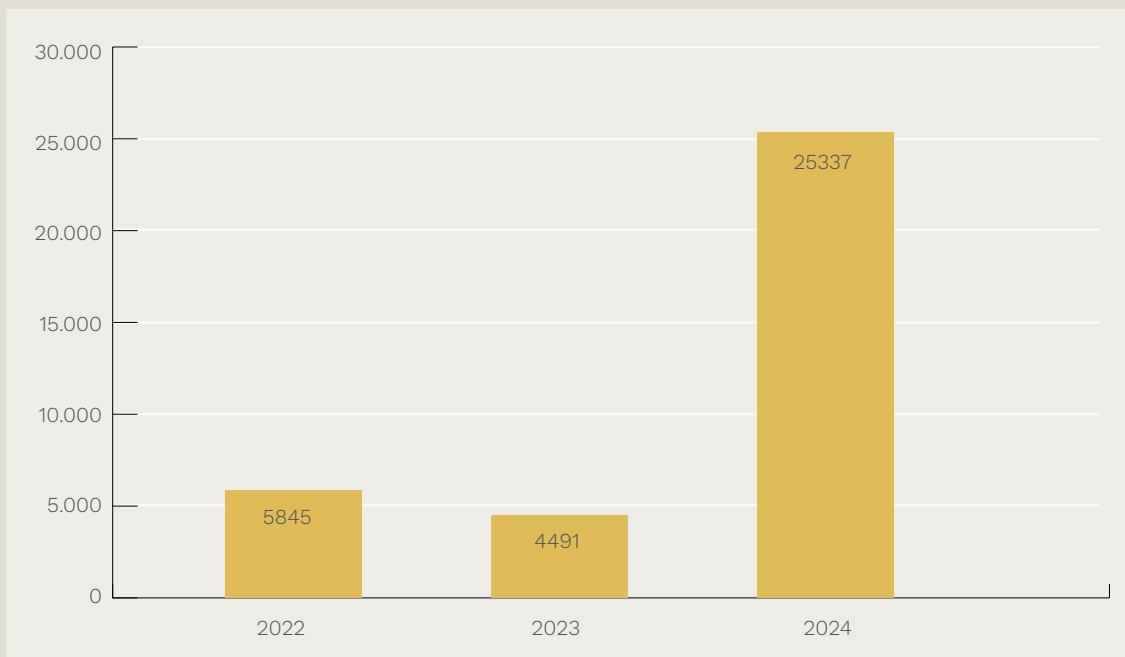
De acuerdo con el Director de Cámara de la Industria de Motocicletas de la ANDI, el decrecimiento del mercado de las motocicletas y ciclomotores eléctricos se debe, entre otras cosas, a la falta de políticas e incentivos para la importación y compra de este tipo de vehículos. Aunque en el país existen 8 ensambladoras de motos que son responsables del 95% del total puesto en el mercado, solo 2 hacen motos eléctricas.

Otra dificultad que enfrenta este sector está relacionada con las importaciones de bicicletas eléctricas. Se menciona que existe un alto grado de informalidad “técnica” y que se ha detectado un gran crecimiento de razones sociales e importadoras que traen al país e-bicicletas, pero que las ingresan bajo la subpartida 8711600010, la cual es para bicicletas no-eléctricas. Bajo

Figura 4:

Importación de bicicletas eléctricas bajo la partida 8711.60.00.10 a Octubre 2024

Fuente: Cámara de la Industria de Motocicletas de la ANDI.



esta clasificación, el importador no está obligado a tener registro vehicular ni registro ante el RUNT, afectando de esta manera a las empresas que si lo hacen correctamente. En la figura 4 se observa que, entre 2022 y 2024, la importación de “informal” ha tenido un crecimiento cercano al 464%.

Baterías importadas como unidades

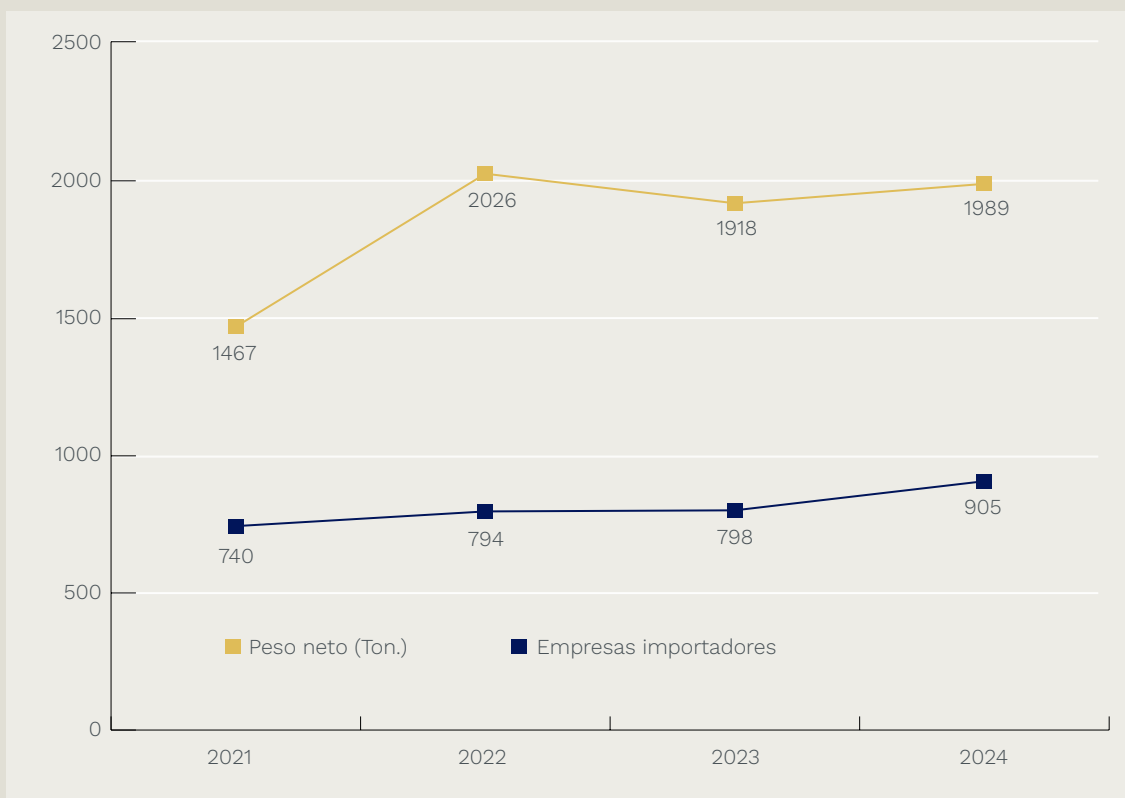
Al país se importan LIB como packs o unidades individuales, con el fin de ser utilizadas como repuestos o para ofrecer al usuario el servicio técnico de mantenimiento o reparación del producto adquirido, bien sea un AEE o un EV. Las LIB que se importan al país lo hacen bajo la denominación de *acumuladores eléctricos de iones de litio*, subpartidas arancelarias 8507300000, 8507400000, 8507500000, 8507600000 y 8507800000, aunque las utilizadas para la industria electrónica, los EV y aplicaciones estacionarias lo hacen bajo la subpartida 8507600000 solamente.

Según datos del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, en 2024 hubo 905 empresas que importaron 1.989 toneladas de LIB bajo la mencionada subpartida, cantidad ligeramente mayor a 2023 que registró 1.918 toneladas, distribuidas entre 798 empresas. Comparando estos dos últimos años, las toneladas de baterías importadas crecieron un 3,6%, mientras que el número

de empresas importadoras aumentó en un 11,8%. Sin embargo, las toneladas de baterías importadas en 2024 disminuyeron 1,8% con relación a 2022, como se observa en [↪ figura 3](#). Una de las dificultades que presenta la base de datos del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo es que, al utilizar prácticamente una sola subpartida arancelaria para la importación, no permite identificar el uso que tendrá la LIB o la finalidad para la cual se importó. En el amplio universo de empresas importadoras (más de 900), se puede identificar que pertenecen a sectores tan diversos como la electrónica, el automotriz, la movilidad liviana, la salud, las herramientas eléctricas, la telefonía, la energía solar, la ingeniería,

Figura 5:
 Importación de
 Acumuladores
 Eléctricos de Iones
 de Litio en Colombia

Fuente:
 elaboración propia, datos
 MINCIT, 2024.



el agro y entretenimiento, entre otras muchas más. Además, hay un gran número de empresas como ferreterías y distribuidoras, otras cuyo objeto social no es fácilmente identificable y otras empresas que, al juzgar por las pequeñas cantidades importadas, lo hicieron para satisfacer alguna necesidad muy particular de su organización.

Aunque esta información contribuye a dimensionar el mercado de las LIB, no permite determinar cuál será el uso final que se les dará (electrónica, movilidad eléctrica, energías renovables, salud, herramientas

eléctricas, telefonía, etc.), lo que impide que haya una mejor trazabilidad de las ULIB.

De otra parte, la Resolución 851 de 2022 establece un umbral en el cual solamente los productores que hayan puesto en el mercado más de 3000 unidades en el último año están obligados a implementar un SRyG vigilado por la ANLA. Sin embargo, bajo este umbral no es fácil identificar a los obligados en la base de datos del MINCIT, ni cuanto ha puesto en el mercado cada uno, pues la forma como se reportan las “uni-

Tabla 3:
 Ejemplo de Reporte
 de unidades de LIB
 importadas

Fuente:
 elaboración propia, datos
 MINCIT, Diciembre 2024

| Cantidad | Unidad Comercial | Número de Bultos | Embalaje | Peso Neto Kg |
|----------|------------------|------------------|-----------------|--------------|
| 799 | U | 101 | Bulto | 32.732,1 |
| 546 | U | 546 | Caja de cartón | 25.662,0 |
| 13 | U | 143 | Caja de cartón | 24.494,4 |
| 1 | U | 1 | Otros embalajes | 21.780,0 |
| 11 | U | 3.043 | Otros embalajes | 12.117,6 |

dades” no es uniforme. En la información que suministran los importadores se encuentra que la unidad está referida al tipo de embalaje, que se reporta como cajas, bultos, cajas de cartón, cajón armado, fardo u otros embalajes, todos con pesos muy diferentes. Aquí algunos ejemplos extractados del reporte del año 2024:

De lo anterior se desprende que, para planificar mejor la gestión de las baterías de iones de litio es necesario, de una parte, abrir la subpartida arancelaria 8507600000, y de la otra, reevaluar la forma como actualmente se determina el umbral para las LIB. Esto permitiría tener un análisis más detallado de las cantidades puestas en el mercado según sea su uso final, ejercer mejor control a los SRyG de parte de las autoridades como la ANLA y predecir con mayor precisión la generación de ULIB y las estrategias a seguir. El conocer exactamente cuantas LIB se están poniendo en el mercado colombiano es aún un gran reto que debe ser resuelto en el futuro cercano. **↪ La figura 6** ilustra de forma resumida la situación actual.

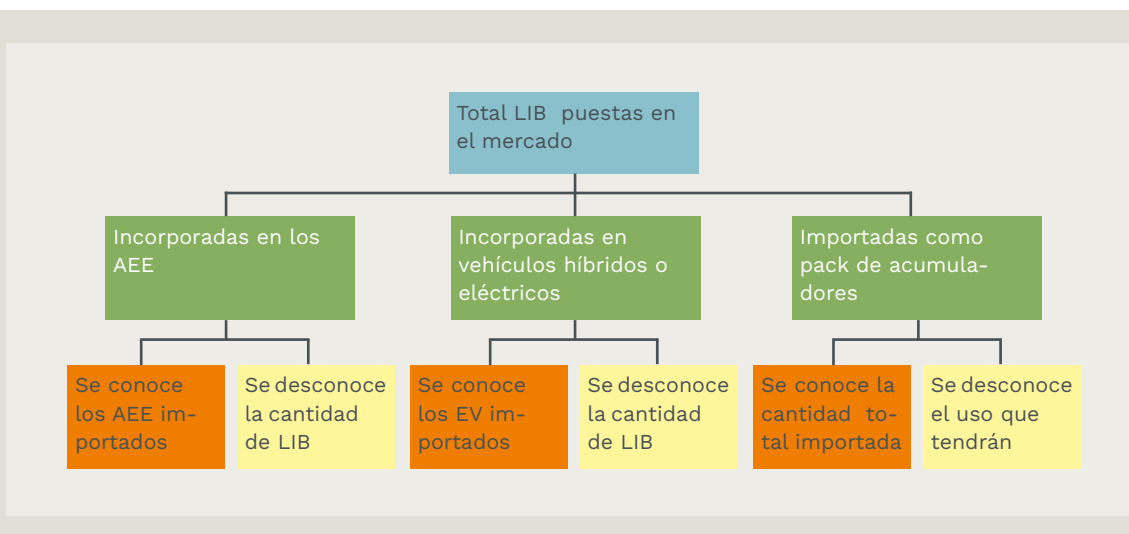
2.2 Recolección, transporte, reacondicionamiento y reciclaje de las ULIB en Colombia

Una vez que las LIB de EV son utilizadas y llegan al final de su primera vida, son recolectadas, transportadas y llevadas a empresas que, como primera opción, ven la posibilidad de reacondicionarlas para darles una segunda vida. Generalmente, en EV las baterías se reemplazan después de un período en el que la capacidad de la batería es inferior al 80% de su capacidad nominal. Este concepto se conoce como Estado de Salud de la batería (SOH, por sus siglas en inglés), y relaciona la capacidad de carga actual de la batería con respecto a una batería nueva. 100% indica que la batería está en perfectas condiciones, y porcentajes más bajos indican distintos grados de envejecimiento. Sin embargo, las baterías de vehículos eléctricos que alcanzan esta condición aún cuentan con una capacidad de almacenamiento de energía suficiente para un amplio mercado de baterías estacionarias u otras aplicaciones. Si el SOH de la batería es menor a un 60% o presenta daños físicos considerables se puede redireccionar para el desmantelamiento y reciclaje de componentes.

Figura 6:

Puesta en el mercado de LIB en Colombia

Fuente: elaboración propia, 2025.



Desde el punto de vista normativo cabe destacar que, actualmente, de las cuatro operaciones que se tratan en esta sección, solamente el reciclaje requiere de una licencia ambiental que expide la autoridad ambiental del área de influencia en donde se encuentran las instalaciones del gestor. La recolección, transporte y reacondicionamiento de AEE se encuentran exceptuadas de este requisito. De otra parte, aunque el almacenamiento de las ULIB no se considera a profundidad en este documento, es otra etapa de la gestión que igualmente requiere de la licencia ambiental.

2.2.1 Recolección

Como se observa en [la figura 1](#), las LIB usadas, en adelante ULIB, deben ser entregadas y recolectadas por los Sistemas de Recolección y Gestión (SR&G), conforme al principio de Responsabilidad Extendida del Productor (REP) y en cumplimiento de la Resolución 851 de 2022. Esto efectivamente ocurre para las baterías provenientes de aparatos eléctricos y electrónicos, para lo cual los SRyG cuentan con puntos de recolección, convenios con los importadores y otros mecanismos que les permiten cumplir con su obligación bajo la REP. Sin embargo, esto mismo no ocurre para

las ULIB que vienen de los EV o de otras aplicaciones, por razones diversas que se discutirán más adelante, en la sección 2.2 sobre el marco normativo.

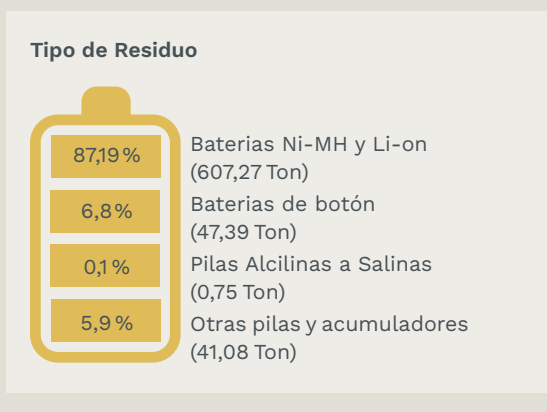
En Colombia, la autoridad responsable de vigilar a los SRyG es la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, ANLA. En el sitio Web METAREP ([↪ https://www.anla.gov.co/metarep](https://www.anla.gov.co/metarep)) esta autoridad presenta el resultado del seguimiento efectuado en 2024 a la implementación de los SRyG para la vigencia 2023, pero como se observará, la información solo está disponible para las ULIB que provienen de los RAEE, ya que aún no existe trazabilidad para las ULIB de EV u otras aplicaciones. De acuerdo con esta información, en 2024 había 23 SRyG de pilas y acumuladores, 3 de los cuales eran sistemas colectivos y 20 individuales. A diciembre de 2023 estos sistemas recolectaron 697 toneladas, pero dado que la categoría “Pilas y Acumuladores” no distingue entre pilas primarias y secundarias, los SRyG no reportan a la ANLA de manera diferenciada. Sin embargo, ANLA logró determinar que cerca del 94% de lo recolectado son baterías de litio provenientes de los RAEE, como se aprecia en [la figura 7](#).

De otra parte, aunque los SRyG de pilas y acumuladores manifestaron tener grandes dificultades para alcanzar la meta de recolección anual establecida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, las cantidades recolectadas año tras año han ido en aumento, como se aprecia en [la figura 8](#). Así mismo, los SRyG reconocieron que la entrada en vigor de la metodología multicriterio en 2017, les permitió lograr más fácilmente el cumplimiento legal, ya que no solamente se tiene en cuenta el índice de recolección y gestión (IRG), sino que también cuentan los esfuerzos que los SRyG realizan en Información y sensibilización a los consumidores (IISC), el

Figura 7:

Recolección de ULIB provenientes de RAEE

Fuente: ANLA, METAREP, 2024.



Cubrimiento geográfico (ICG), las Inversiones realizadas en investigación aplicada y desarrollo experimental en el aprovechamiento de residuos (IIA), y el Fomento a la Economía Circular (IFEC). De esta manera, los SRyG han logrado cumplir con el puntaje requerido a través de los puntos que otorgan los otros indicadores y no solo con el IRG.

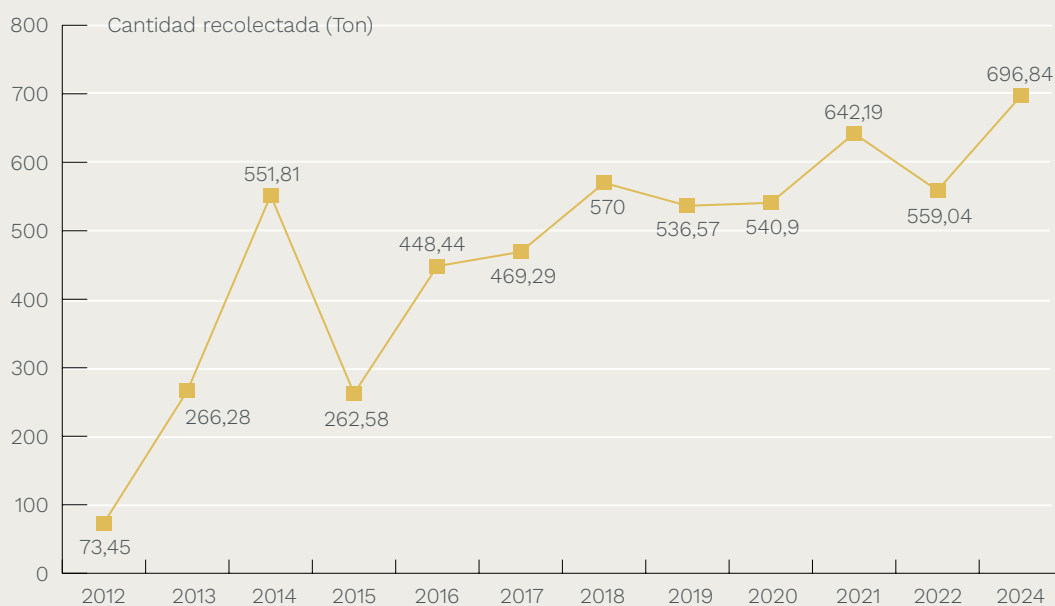
La recolección de esos volúmenes ha significado la instalación de 9.526 puntos de recolección en el país, ubicados en lugares estratégicos como centros comerciales, e instalaciones de organizaciones tanto públicas como privadas. Así mismo, los SRyG tienen también mecanismos alternativos a los puntos de recolección como mensajería certificada, rutas programadas y campañas de recolección que generalmente realizan en lugares alejados de los centros urbanos, en su mayoría con el acompañamiento de las autoridades ambientales.

Entre las principales dificultades para alcanzar el índice de recolección y gestión

(IRG), los SRyG manifiestan que los consumidores no entregan el residuo a pesar de acercarlos a los mecanismos existentes y que, de otra parte, si bien una parte es recolectada por ellos, existe también una red paralela de recolectores informales y empresas formales, pero no autorizadas que recolectan las ULIB y las exportan. Sin embargo, esta afirmación requerirá de estudios más profundos para entender mejor el flujo de los materiales, los actores y mecanismos involucrados, y a partir de ahí proponer algunas soluciones.

En cuanto a las ULIB que provienen de la movilidad eléctrica, actualmente éstas están siendo recolectadas por las empresas que se dedican a su reacondicionamiento o reciclaje, sin pasar por los SRyG. Esta situación obedece al hecho que, de acuerdo con la normatividad vigente, el importador solo está obligado a implementar un SRyG si supera el umbral de las 3.000 unidades anuales, importadas o fabricadas en el país, lo cual, según los productores (importadores), no ha ocurrido. Así las cosas, los gestores

Figura 8:
Histórico de recolección de pilas y acumuladores por los SRyG
Fuente:
adaptación información ANLA, METAREP, 2024.



de reacondicionamiento o de reciclaje tienen convenios comerciales con las marcas de los EV o de otras empresas privadas y retoman las ULIB de los centros de mantenimiento o bodegas del generador. Esto significa un esfuerzo logístico dado que la mayor generación de ULIB ocurre en Bogotá y las empresas que realizan el reacondicionamiento o el reciclaje se encuentran en Cali y Medellín. Finalmente, diferentes actores como los SRyG, gremios y gestores, pusieron de manifiesto las siguientes situaciones que pueden poner en riesgo el cumplimiento de la meta de recolección en los próximos años:

- Algunas marcas de EV no permiten el aprovechamiento de las ULIB y exigen su destrucción.
- Algunas marcas de EV aducen que el país no cuenta con las condiciones necesarias para hacer aprovechamiento o reciclaje de las ULIB y exigen exportarlas a los países de origen. Un volumen importante de las ULIB, principalmente proveniente de la movilidad liviana, está siendo recolectado y manejado por el sector informal y otra parte presuntamente se puede estar exportando ilegalmente.

2.2.2 Transporte

Las ULIB que son enviadas a los gestores formales que hacen el reacondicionamiento se transportan generalmente en vehículos del gestor o en los del generador. Generalmente, el gestor las recoge de centros de mantenimiento o bodegas del generador. Según la normativa vigente, las ULIB están clasificadas como mercancías peligrosas, Clase 9, lo que exige que los vehículos utilizados para su transporte cumplan con los estándares de seguridad, de acuerdo con las disposiciones establecidas en el Libro 2, Parte 2, Título 1, Capítulo 7, Sección 8 del Decreto 1079 de 2015 o norma que la modifique, adicione o sustituya. Este decreto adoptó las Normas Técnicas Colombianas (NTC), NTC 1692:2013: Clasificación, identificación, etiquetado y marcado de mercancías peligrosas y vehículos. NTC 4435:2010: Fichas de datos de seguridad. NTC 4532:2010: Tarjetas de emergencia para transporte y NTC 3972:1996: Requisitos específicos para el transporte de mercancías peligrosas, Clase 9 (Ministerio de Ambiente, 2022). Es importante tener en cuenta que la generación de las fichas de datos de seguridad es obligatoria, de acuerdo con el Decreto 1496 y la resolución 773.

Figura 9 (izquierda):
Almacenamiento
de ULIB

Fuente:
cortesía de Tronex en
Medellín, 2024.

Figura 10 (a la derecha):
Almacenamiento
de ULIB

Fuente:
cortesía PCSHEK.



2.2.3 Reacondicionamiento

Los gestores ambientales que realizan el reacondicionamiento de las ULIB desempeñan un rol esencial en su gestión. Una vez las baterías llegan a ellos, son sometidas a pruebas técnicas para determinar su viabilidad en aplicaciones de segunda vida, menos exigentes que las originales. De ser aptas, se reacondicionan y reintegran al mercado, promoviendo así la economía circular.

Las ULIB recolectadas y transportadas pueden tener dos destinos: pueden llegar directamente a las empresas que se dedican al reacondicionamiento, o pueden llegar también a las empresas de reciclaje, según sea el convenio que exista entre el generador y estas empresas. No obstante, existen alianzas comerciales entre las empresas que se hacen reacondicionamiento y las empresas que se dedican al reciclaje de ULIB y en el evento que las ULIB lleguen al gestor de reciclaje, este hace un pre-diagnóstico y envía al gestor de reacondicionamiento las ULIB que considera aptas para una segunda vida. La actividad de reacondicionamiento está centrada principalmente en la ciudad de Medellín con las empre-

sas Tronex y BatX, quienes a su vez tienen alianzas, respectivamente, con la empresa Innova ubicada en la ciudad de Cali y Altero, ubicada también en Medellín. Existen también iniciativas de al menos dos empresas más que actualmente tienen planes para el montaje plantas de reacondicionamiento en la ciudad de Bogotá.

Una vez las ULIB llegan a Tronex o BatX se les realiza una inspección visual, con el fin de detectar daños evidentes de celdas, cableado, conexiones sueltas, fugas, etc. Se determinan también características técnicas como el tipo de química, voltaje nominal y capacidad de diseño, entre otras. Posteriormente, se realiza el diagnóstico de la ULIB determinando su nivel de degradación (SOH), con el objetivo de determinar si es apta para potenciales usos secundarios, o por el contrario debe ser destinada a reciclaje. En esta parte del diagnóstico vale la pena resaltar el trabajo que realiza la Universidad de Antioquia a través del Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo de Materiales – CIDEMAT, quien trabaja en alianza con la empresa Tronex en el diagnóstico de las baterías de movilidad eléctrica y analiza los módulos que pueden llegar a servir para almacenamiento de uso estacionario u otra aplicación. Las empresas que realizan el diagnóstico de las ULIB manifestaron tener un gran reto desde el punto de vista técnico, que consiste en acceder al código del BMS (sistema de manejo de la batería) de la batería porque es un código cerrado y los productores no dan información. Aunque actualmente los BMS se importan de China, el CIDEMAT trabaja con herramientas de inteligencia artificial para desarrollo de software y dar respuesta a este problema.

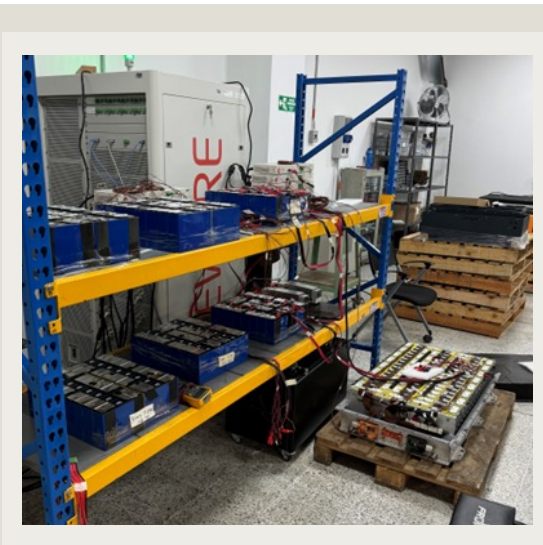
Existen además otros retos para esta industria, como por ejemplo captar mayores volúmenes de ULIB, teniendo en cuenta, por una parte, la informalidad que gira en

Figura 11:

Testeo de ULIB por medición y análisis computarizado de datos de desempeño

Fuente:

cortesía de Tronex en Medellín, 2024.



torno a esta actividad y por otra, que hay empresas de EV que no quieren que se diagnostiquen y reacondicionen sus baterías y por lo tanto deciden exportarlas. Además, por lo general se desconoce la química de las baterías que se reciben, lo que dificulta aún más este proceso. Si bien finalmente se logran reacondicionar las baterías, el mercado para baterías de segundo uso es aún muy pequeño y se debe dinamizar para poder cubrir los costos de funcionamiento. Esto se debe en parte a que persiste el temor y desconfianza por parte del usuario de usar baterías reacondicionadas, tanto por la garantía que se pueda ofrecer como por los aspectos de seguridad, pese a que el costo de un pack remanufacturado puede llegar a ser hasta un 60% más barato en comparación a uno nuevo y puede dar mejor rendimiento porque por lo general está sobre especificado.

La capacidad tecnológica de las instalaciones de ULIB provenientes de EV sigue siendo limitada para la generación esperada en los próximos años, evidenciando oportu-

nidades de mejora en la recolección y tratamiento de estos residuos. El CIDEMAT considera que en 7 u 8 años habrá cerca de 300 MWh de potencia de lo cual se podría aprovechar un 70% y utilizarse, por ejemplo, en sistemas de generación de energía fotovoltaica o eólica que actualmente usan batería de plomo-ácido.

Con relación a las ULIB provenientes de RAEE, las empresas gestoras las retiran y las envían a los SRyG, ya que no están autorizadas para su tratamiento. El SRyG ingresa estos volúmenes a su contabilidad para efectos de cumplimiento de meta, y autoriza el traslado a empresas autorizadas como INNOVA o Altero para su reciclaje. Sin embargo, la empresa PCSHEK, ubicada en Bogotá, tiene en sus instalaciones un área dedicada al reacondicionamiento de aparatos electrónicos y en este proceso repara las ULIB de RAEE y las acondiciona para equipos de segunda mano.

Cabe destacar que, gracias a la Cooperación Internacional, el país se ha visto altamente beneficiado con desarrollo de documentos técnicos que tienden a mejorar la gestión de baterías de ion-litio usadas (ULIB). En el marco del programa global GoCircular de la Agencia de Cooperación Alemana para el Desarrollo Internacional (GIZ), conjuntamente con el presente documento de estrategia sectorial, se desarrolló el documento de lineamientos técnicos para la gestión de ULIB el cual presentan el estado del arte a nivel internacional en materia de gestión de ULIB, con elementos que pueden ser aplicables al contexto colombiano. En el documento se presentan metodologías para evaluar el estado de salud (SoH) de las ULIB y su potencial de segunda vida en nuevas aplicaciones, rutas tecnológicas para el reciclaje, y aspectos de seguridad, considerando los riesgos de inflamabilidad, explosión y exposición a sustancias peligrosas en cada etapa de la

Figura 12:

Reacondicionamiento de baterías de RAEE

Fuente:
cortesía PCSHEK, 2024.



gestión. Así mismo, en el marco del proyecto ProUSAR que se implementa en Colombia, la GIZ ha desarrollado documentos técnicos para el reacondicionamiento de ULIB que abordan los métodos y estándares de diagnóstico, el manejo seguro de las baterías y los procesos de reacondicionamiento. Finalmente, la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá, elaboró también una guía práctica que presenta de forma resumida los principales aspectos a tener en cuenta para la gestión adecuada de las ULB.

2.2.4 Reciclaje de las ULIB

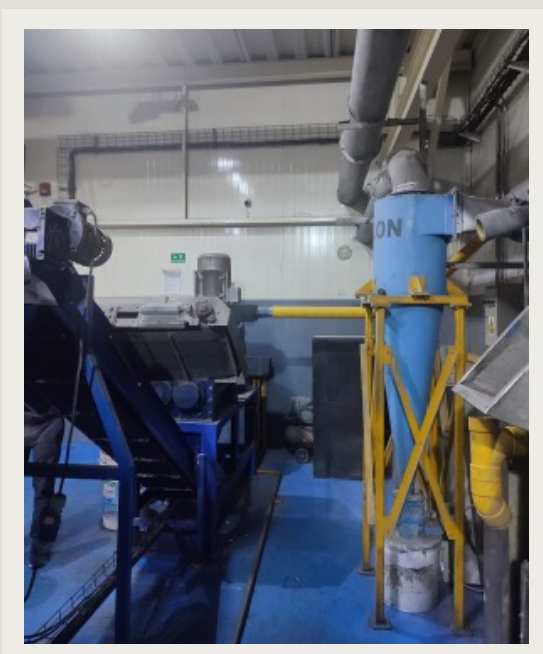
En Colombia, el reciclaje de las ULIB provenientes de EV y de RAEE se realiza en empresas especializadas que se encargan de la recuperación y comercialización de las materias primas derivadas de estos residuos. De acuerdo con el seguimiento realizados por la ANLA en 2024, a finales de 2023 operaban 7 empresas gestoras, aunque la mayoría de ellas envían las ULIB a Innova o Altero para su reciclaje y aprove-

chamiento. Es importante anotar que cualquier empresa de reciclaje de ULIB y RAEE en general que opere en el territorio nacional, debe estar debidamente autorizada por la autoridad ambiental competente del área en donde esté ubicado el gestor.

Las ULIB de RAEE que llegan a Innova o Altero, provienen de empresas gestoras que procesan residuos electrónicos, quienes las entregan a los SRyG y estos a su vez a las empresas recicladoras. Aunque el flujo no es necesariamente físico, el SRyG hace la contabilidad y autoriza el envío de las ULIB al gestor. Las ULIB de EV, las empresas gestoras las reciben de marcas como Volvo o General Motors, aunque otras marcas como BYD y Renault entregan a través de gestores generalmente de residuos peligrosos como Atica o Lito, entre otros. Sin embargo, las empresas gestoras también reciben ULIB de empresas como Transmilenio, de empresas prestadoras de servicio público de aseo como Ciudad Limpia, y en menor grado bajo la modalidad B2C (business to consumer). El abastecimiento de ULIB representa un reto logístico, principalmente porque su generación está muy dispersa en el país. Una vez que las ULIB llegan a las plantas de los gestores ambientales se realiza una clasificación inicial, basada principalmente en el tipo de batería y su composición química, lo que permite determinar el tratamiento más adecuado para cada tipo de batería. Posteriormente, se lleva a cabo un pre-diagnóstico para evaluar el estado de salud de las baterías, que tal como se mencionó anteriormente, si la carga total está por debajo del 60% se envían a un proceso de reciclaje. Caso contrario, se considera que pueden ser remanufacturadas para su reutilización en aplicaciones como almacenamiento de energía solar, ascensores, etc. y son enviadas a empresas como Tronex o BatX.

Figura 13:
Proceso de
trituration de ULIB

Fuente:
cortesía INNOVA
Cali, 2024.



Las baterías que fueron seleccionadas para reciclaje son llevadas a un proceso de descarga en una solución salina y luego se son desmontadas y procesadas. Este proceso puede incluir la trituración de las baterías en un ambiente controlado para evitar la liberación de sustancias tóxicas. En el caso de Altero, por ejemplo, se utiliza un proceso electromecánico que no requiere reactivos químicos y opera bajo atmósfera inerte. En el caso de INNOVA son llevadas a trituración mediante un proceso seco.

Como resultado del reciclaje se recuperan varios materiales valiosos, entre los cuales se incluyen:

- **Masa Negra:** es el material más valioso y es un precursor que se utiliza en la fabricación de nuevas baterías. Puede contener litio, níquel, cobalto, manganeso, cobre y cadmio, según sea la composición química de la batería tratada.
- **Mezcla de Materiales:** incluye plástico, cobre, aluminio y otros metales.
- **Electrolitos:** son mezclas de disolventes orgánicos y sales de litio que pueden ser recuperadas y reutilizadas.

Los materiales recuperados son comercializados para la fabricación de nuevas baterías. Dado que el país no cuenta con una industria para la refinación y obtención de los metales más valiosos, la masa negra es exportada, mientras que los metales como el aluminio y plásticos son recuperados y vendidos a la industria nacional.

El país enfrenta grandes retos en el reciclaje, y en general en todas las etapas de gestión de las ULIB, siendo uno de los mayores la seguridad de los procesos, debido a su alto grado de explosividad e inflamabilidad. La carencia de planes de emergencia específicos y la capacitación especializada de

los cuerpos de atención de emergencias, como los bomberos, es una tarea que el país debe abordar en el corto plazo. De otra parte, aunque la capacidad instalada para el reciclaje de ULIB es cercana a las 200 ton/mes, actualmente se ocupa entre un 25% a un 30% de esa capacidad, evidenciando la necesidad de recolectar mayores volúmenes y controlar los flujos indeseados. Sin embargo, con las expectativas de crecimiento de la electromovilidad y las energías renovables, es de esperar que a futuro el país demande de una capacidad mayor y se requerirá entonces de un fuerte apoyo tecnológico para hacer el cambio de procesos por lotes a procesos continuos y de esta manera aumentar la capacidad de tratamiento. Finalmente, la constante evolución en la química de las baterías es otro factor a considerar en la sostenibilidad de las empresas de reciclaje pues como se sabe, el mayor flujo esperado corresponde a ULIB de LFP (Litio-Ferrofosfato), lo cual desde el punto de vista económico no es tan atractivo como las baterías que contenían altas concentraciones de Níquel y Cobalto. Esto por su puesto está ligado a la aplicación de la REP, en lo cual existen vacíos en la regulación del país en lo que se refiere a la electromovilidad como se menciona más adelante.

2.3 Marco Normativo Colombiano relacionado con las baterías de litio

La preocupación por el cambio climático, la conservación de los recursos y la necesidad de adoptar principios de economía circular, son algunos de los temas que se han vuelto cada vez más relevantes en la normatividad colombiana, que busca hacer frente a los desafíos económicos y ambientales actuales.

Normativas para incentivar la movilidad eléctrica

Dentro de las iniciativas que existen para incentivar la electromovilidad se encuentra la estrategia nacional de movilidad eléctrica, que tiene como objetivo reducir la dependencia de los combustibles fósiles, contar con una flota de 600.000 EV para 2030, disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar la calidad del aire en las ciudades. Desde su lanzamiento en 2019 se han creado condiciones favorables para el despliegue de infraestructura de carga, la regulación de los puntos de carga en las zonas residenciales y comerciales y la fijación de la legislación de la agencia técnica de revisión periódica de los vehículos eléctricos.

Así mismo, con el objetivo de fomentar la importación de vehículos híbridos, en 2017 el Gobierno creó un sistema de cupos que fijaba un arancel del 5 % para las primeras 1.500 unidades importadas. En 2019 este número aumentó hasta los 2.300 vehículos y desde el 2023 la capacidad del contingente estaba fijada en 3.000 vehículos. Superado este cupo, los fabricantes pasaban a pagar del 5 % al 35 %, razón por la cual muchas compañías hicieron importaciones importantes para aprovechar este beneficio antes que las plazas disponibles

se fueran agotando. En diciembre 2024 el Gobierno expidió el decreto 1550 de 2024, que contempla varias modificaciones a la reglamentación vigente y propone eliminar el sistema de cupos a los vehículos híbridos provenientes de países no TLC (India, China, Japón, Tailandia y Brasil), que pasarán a pagar un arancel genérico del 20 %, mientras que la tarifa para los híbridos enchufables, cuya operación contempla un mayor uso de motores eléctricos, será del 15 %. Con el objetivo de desincentivar el uso de vehículos a combustión, el documento también contempla un alza en los aranceles para estos vehículos que pasará del 35 % al 40%.

De otra parte, el Decreto 1898 de 2023 establece que los vehículos eléctricos e híbridos que ingresen al país o se ensamblen localmente deberán cumplir con normativas de seguridad alineadas con estándares internacionales. Entre las principales exigencias se incluyen:

- Impacto frontal (R2): Cumplimiento con la serie 04 del reglamento de choque frontal, asegurando una mejor absorción de impactos en colisiones frontales.
- Impacto lateral (R3): Implementación de la serie 05 del reglamento de choque lateral, reduciendo riesgos para los ocupantes en colisiones laterales.
- Prevención de incendios en vehículos eléctricos: Adopción de normativas específicas para mitigar riesgos asociados a baterías de alto voltaje, en lugar de las aplicables a vehículos de combustión interna.

El decreto también busca impulsar la industria automotriz local. Las empresas que inviertan en la fabricación o ensamblaje de vehículos eléctricos en Colombia podrán beneficiarse de un arancel del 0 % en la

importación de componentes, siempre que cumplan con ciertos criterios de inversión y desarrollo industrial, con:

- Adquisición o modernización de maquinaria y equipos para la producción de vehículos eléctricos.
- Capacitación y transferencia de tecnología en el sector automotor.
- Desarrollo de proveedores locales para fortalecer la cadena productiva nacional.

Sin embargo, se requiere de un marco regulatorio lo suficientemente robusto como para dar respuesta al desafío que significará la gestión de las ULIB provenientes de la movilidad eléctrica. Si bien un marco regulatorio para la gestión de las baterías provenientes de la electromovilidad debe establecer al menos requisitos para el ingreso, el reacondicionamiento, la utilización en segunda vida y el reciclaje, el énfasis en esta sección se hará sobre las baterías usadas, pues actualmente el país adolece de regulaciones que definan los requerimientos de seguridad o de información técnica para las baterías que entran con los EV, y que resulta fundamental al momento de darle a la batería una “segunda vida” o al momento de ser reciclada. Así mismo, tampoco se cuenta con procedimientos estandarizados para el diagnóstico y reacondicionamiento, procedimientos de acreditación para las baterías reacondicionadas y su uso en sistemas de almacenamiento de energía estacionario.

Normativas para la gestión de las ULIB

Colombia cuenta con uno de los marcos regulatorios más avanzados de América Latina para promover la recolección y gestión ambientalmente responsable de pilas y acumuladores, incluyendo a las ULIB, el cual está basado en el principio de Respon-

sabilidad Extendida del Productor (REP). La definición de productor incluye a fabricantes, distribuidores e importadores.

La gestión de pilas y acumuladores de energía usados fue inicialmente reglamentada mediante la Resolución 1297 de 2010 del Ministerio del Ambiente y fue la base para el establecimiento de los primeros sistemas de recolección selectiva y gestión ambientalmente responsable (SRyG). Esta resolución estaba dirigida a las celdas y baterías primarias (incluidas las de iones de litio), los acumuladores de níquel-cadmio, níquel-hierro y los acumuladores eléctricos usados. Como resultado de esta regulación, desde 2011 se establecieron los primeros SRyG y desde entonces ha habido un aumento constante de estos sistemas de recolección y gestión para pilas y acumuladores. Por ejemplo, en 2023 había ya 23 SRyG (3 de los cuales son sistemas colectivos), más de 9.500 puntos de recolección distribuidos en todo el país y un acumulado de más de 5.600 toneladas gestionadas ambientalmente (ANLA, METAREP). Sin embargo, como se anotó anteriormente, a los SRyG no les fue fácil alcanzar las metas de recolección anuales establecida por la resolución 1297, que pasaron del 4% en 2012, al 45% en 2022.

Lo anterior motivó al Ministerio del Ambiente a revisar la metodología de cálculo de las metas y la manera como se evaluaba el cumplimiento de los SRyG. Como resultado, en 2017, la Resolución 1297 fue modificada por la Resolución 2246, que además del indicador de recolección introdujo además un conjunto de indicadores de gestión que permitieron un mejor seguimiento y evaluación de los SRyG. Esta Resolución aplicaba a todos los productores que pusieran en el mercado más de 3.000 baterías o acumuladores portátiles primarios y secundarios, pero excluía las baterías industriales y las de vehículos eléctricos.

Posteriormente, en 2022, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible expide la Resolución 851, que deroga la normativa anterior, aborda los RAEE en general, e incluye las baterías industriales y las de vehículos eléctricos, las cuales quedan clasificadas con la subcategoría 3.11 Pilas y Acumuladores, perteneciente a la categoría de Maquinaria y equipo eléctrico.

La Resolución 851 también retoma la evaluación multicriterio para los SRyG mencionada anteriormente, establece metas nacionales para la recolección y gestión a largo plazo y define las partidas arancelarias de las mercancías importadas que serán objeto de control. Las baterías de iones de litio se incluyen bajo la subpartida 8507.60.0000 del Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA), e incluye a las LIB consideradas industriales y a las de vehículos. En particular, sobre la recolección y gestión de las ULIB, la Resolución 851 establece lo siguiente:

- Hace obligatoria la recolección de ULIB de vehículos eléctricos a partir de 2024
- Los artículos 6 y 11 fijan la obligación para los productores (importadores) de pilas y acumuladores que importen o fabriquen en el país cantidades anuales superiores a 3000 unidades, de implementar un sistema de recolección y gestión, individual o colectivo, el cual estará sujeto a evaluación, aprobación y seguimiento por parte de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, ANLA.
- Los productores de LIB de uso industrial deben implementar un sistema de recolección y gestión que, aunque no estará sujeto a control de parte de la ANLA, debe informar a los consumidores sobre las condiciones de recolección al final de la vida útil.

La resolución 851 de 2022 también modificó el índice de recolección obligatoria de pilas y acumuladores que deben cumplir los SRyG, así:

- Para baterías que se consideran de vida corta, como las usadas en equipos de las TIC, se inicia con un 37% en 2022 e incrementos anuales del 1% hasta alcanzar el 45% en 2030. La razón de este valor de inicio relativamente alto es porque los SRyG ya lo venían haciendo desde 2011.
- Para acumuladores o baterías importadas o fabricadas bajo la subpartida 8507.60.0000 y que sean utilizadas en vehículos eléctricos, se inicia en 2024 con el 0,5% de lo puesto en el mercado los tres años anteriores, y se incrementará anualmente hasta llegar al 65% en 2044. La razón de este valor de inicio relativamente bajo obedece a que es una obligación nueva para los SRyG. De otra parte, la obligación solo aplica a quien supere el umbral de las 3.000 unidades importadas durante el último año de evaluación.
- Los importadores o fabricantes de acumuladores o baterías clasificadas bajo la misma subpartida anterior y que sean utilizadas en sistemas de almacenamiento de energía eléctrica en instalaciones industriales (soluciones fotovoltaicas que no sean individuales), deben implementar un sistema de recolección y gestión de RAEE, el cual no estará sujeto a evaluación, aprobación y seguimiento por parte de la ANLA. Sin embargo, el productor está obligado a: 1) Informar al usuario o consumidor en el proceso de compraventa de los AEE las condiciones de aceptación y los mecanismos de recolección o retoma que tiene disponibles para la devolución del RAEE. 2) Implementar canales

de comunicación permanentes con los usuarios o consumidores de sus productos para sensibilizarlos e informarlos sobre la devolución de sus RAEE y la gestión ambientalmente adecuada que se requiere de ellos. 3) Cumplir con las demás obligaciones como productores establecidos en la Ley 1672 de 2013 y su reglamentación.

Por último, vale la pena también destacar la expedición de la Resolución 480 de 2020 del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, que establece el Registro de Productores y Comercializadores de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (incluyendo las LIB). De esta forma, es posible conocer la cantidad AEE que se importa anualmente y las LIB que se importan como unidades, aunque como ya se mencionó, el importador de EV no está obligado a reportar las LIB contenidas en estos.

3. Hoja de ruta para la gestión de baterías de litio

En el capítulo anterior pudo observarse que Colombia cuenta con avances importantes en la gestión de las ULIB, pero que también existen brechas y muchas lecciones por aprender. En este sentido, la creación de una estrategia intersectorial resulta esencial para coordinar los esfuerzos entre los distintos sectores y actores clave y fortalecer las capacidades nacionales, para que todo esto redunde en aumentar los flujos actuales de ULIB hacia los SRyG, optimizar el reacondicionamiento y el reciclaje y minimizar el impacto ambiental asociado. También, se crearía la posibilidad de nuevas oportunidades de negocio en la economía circular

Las recomendaciones que se presentan a continuación consideran elementos técnicos, ambientales, económicos, educacionales y normativos, con los cuales se propone hacer frente a los principales retos que fueron identificados previamente en el [capítulo 2](#). Para mayor facilidad, las recomendaciones se definen para tres etapas o ejes centrales, a saber: (i) Puesta en el mercado y Recolección, (ii) el Reacondicionamiento y Reutilización de las ULIB y (iii) el Reciclaje y aprovechamiento de materiales. En cada etapa se presentan los principales retos, se mencionan las actividades sugeridas, las entidades que podrían acompañarlas y se propone un orden de prioridad: prioridad 1 para actividades que deberían ejecutarse en el corto plazo, prioridad 2 en el mediano plazo y prioridad 3 en el largo plazo. Las iniciativas de tipo normativo son señaladas con (N).

Es importante resaltar que las entidades propuestas para contribuir a la implementación de las actividades son solo las sugeridas en el marco de este proyecto. Se es-

pera que sean los mismos actores quienes a futuro decidan si realmente estas son las más idóneas y si se involucran a otras que quizás no se hayan tenido en cuenta aquí.

3.1 Puesta en el Mercado y Recolección

Como se mencionó anteriormente, la recolección de baterías de litio usadas está reglamentada por la Resolución 851 de 2022, la cual establece que el importador debe establecer un SRyG y cumplir con una meta de recolección que está basada en el promedio de las cantidades puestas en el mercado, en peso, en los últimos tres años. Sin embargo, el cumplimiento de esta obligación en la práctica presenta varios retos por resolver:

- La subpartida arancelaria 8507600000 no permite conocer el uso final que se le dará a las LIB importadas. Esta incluye baterías para movilidad, pero la mayor cantidad corresponde a baterías recargables para celular y computadores, Laptop y demás de características similares, lo que dificulta que los SRyG dirijan mejor sus esfuerzos y establezcan estrategias de recolección más acertadas. Sería deseable que se cree una subpartida específica para movilidad eléctrica. Contar con esta información también podría ser de gran utilidad para que autoridades con la ANLA realicen de forma más efectiva la trazabilidad de las ULIB y ejerzan mejor control sobre los SRyG.

- No hay uniformidad en la forma como se reportan las unidades importadas, lo cual dificulta conocer cuáles son los productores obligados a implementar un SRyG.
- Existe incertidumbre sobre las cantidades puestas en el mercado. Para efectos de las metas de recolección solo se tiene en cuenta las LIB importadas como unidades, no hay trazabilidad para las que entran con los EV.
- Actualmente no se solicita la información técnica de las LIB que se importan, en particular sobre su química, capacidad de carga, presencia de sustancias peligrosas, requerimientos para recolección y riesgos de seguridad en su transporte y almacenamiento. Esta información también resulta esencial para procesos posteriores como el reacondicionamiento de las ULIB o su reciclaje.
- Una vez que las LIB ingresan al país, la cadena de valor se encuentra parcialmente integrada. Esto es especialmente cierto para las LIB de EV, en donde no se observa la completa integración entre importadores-distribuidores-talleres de servicio técnico-SRyG y gestores. Además, la generación de ULIB ocurre con una gran dispersión especial y con generadores muy diversos (públicos, privados, individuales).

Un sistema eficiente de recolección asegura que las ULIB lleguen a instalaciones autorizadas, evitando su manejo inadecuado y fomentando la economía circular. A continuación, se describen las propuestas para mejorar la recolección y canalizar las ULIB hacia procesos de reutilización y reciclaje responsables.

3.1.1 Sistema de información y trazabilidad para ULIB

El primer componente del sistema consiste en el mejoramiento del registro de productores, pues como ya se discutió, actualmente solo se contabilizan las baterías individuales de LIB para EV, pero no para las LIB que vienen incorporadas en los EV. Se propone entonces desarrollar un proyecto de registro electrónico u hoja de vida de las LIB que permita monitorearlas, desde que son importadas al país hasta el final de su vida útil, incluyendo su primera y segunda vida y el reciclaje y disposición final. Al momento de la importación, el productor brindaría información sobre uso previsto de las baterías, e información técnica como su química, capacidad de carga, presencia de sustancias peligrosas, requerimientos para recolección y riesgos de seguridad en su transporte y almacenamiento. En el caso de las baterías individuales, esta información se puede consolidar y/o reportar en el registro RPCAEE ordenado por la resolución 0480 del 17 de abril de 2020. Para conocer el uso previsto de la LIB, se hace necesario abrir la subpartida arancelaria 8507600000 y para conocer los productores obligados a implementar un SRyG, se propone que el actual umbral de 3000 unidades sea cambiado por un umbral expresado en peso neto. De otra parte, para las baterías que ingresan al país como parte constitutiva de los vehículos eléctricos, la información puede ser registrada en el RUNT junto con la demás que se establece en la Resolución 12379 de 2012 de Mintransporte.

Atendiendo la recomendación de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe sobre que la información sea etiquetada físicamente en la batería, el sistema de trazabilidad y rastreo podría incluir el uso de códigos de barras, etiquetas RFID (Identificación por Radiofrecuencia) u otras tecnologías para identificar y monitorear las

baterías a lo largo de su ciclo de vida. Así mismo, puede verse la posibilidad de adaptar a Colombia el Reglamento de la Unión Europea sancionado en 2023 (Reglamento (UE) 2023/1542), el cual establece que, 1) a partir de 2026 las LIB nuevas deben contar con un sistema electrónico de intercambio de información tipo “pasaporte” que sirva de registro electrónico, y 2) a partir de 2027, las LIB nuevas deben tener un código QR con información relevante en el proceso de reacondicionamiento y reciclaje, como durabilidad, capacidad de carga, requerimientos para recolección, presencia de sustancias peligrosas y riesgos de seguridad. Además, deben contar con un BMS que almacene la información y datos necesarios para determinar el SOH y la duración esperada de la vida útil. Este sistema deberá ser accesible tanto para los propietarios de las baterías, como para operarios que en su nombre realicen tareas de mantenimiento y procesamiento después del primer uso.

La hoja de vida de las baterías empieza con la información técnica que el importador registra, pero se ampliaría cada vez que intervenga un actor nuevo como los talleres de servicio técnico, los SRyG en los puntos de recolección o los centros de diagnóstico y reacondicionamiento, entre otros. Al final la hoja de vida de la ULIB incluiría información sobre su fabricación, uso, estado de salud, y los procesos de recolección y reacondicionamiento a los que han sido sometidas. Esto permitiría a los gestores ambientales tener un registro claro de cada batería y su historial y evaluar si una batería puede ser reutilizada en aplicaciones de segunda vida, como el almacenamiento estacionario de energía. Para llevar a cabo esta implementación se debe crear un software para el control y monitoreo de las hojas de vida, el cual se recomienda instaurar en el mediano plazo.

El sistema de trazabilidad propuesto debe contar con una base de datos centralizada que permita almacenar toda la información de manera organizada y accesible. Esto facilita la consulta y actualización de datos por parte de los diferentes actores involucrados, como fabricantes, importadores, gestores de residuos y autoridades ambientales. Dicho sistema debe ser interoperable, es decir, que pueda comunicarse con otros sistemas utilizados por diferentes actores en la cadena de valor de las baterías. Esto incluye la integración con los SRyG, plataformas de reciclaje y bases de datos de autoridades ambientales. El software permitiría realizar análisis de datos para identificar tendencias, flujos, evaluar el rendimiento de las baterías y optimizar los procesos de reciclaje y reutilización. La utilización de un sistema informático para la hoja de vida de las baterías también ayudaría a los SRyG a cumplir con las normativas y regulaciones como la Resolución 851 y sus indicadores.

Para llevar a cabo esta estrategia, los productores de baterías y vehículos eléctricos deben asegurar el reporte mencionado en el RPCAEE y el RUNT, mientras que Mintransporte, MCIT, y MinAmbiente, podrían garantizar la interoperabilidad de un sistema de registro y control (similar a un CRM o sistema de gestión de las relaciones con los clientes) para que los demás actores involucrados (SRyG, centros de diagnóstico y gestores ambientales) consulten y registren la nueva actividad de las baterías. Este último paso debería ser ejecutado en el largo plazo cuando los mencionados actores estén debidamente integrados.

3.1.2 Integración de los actores de la cadena de valor

Integrar a todos los actores de la cadena de valor resulta esencial para conformar un verdadero sistema que sea operable.

Importadores y SRyG

Dado que el productor es el actor obligado bajo la Resolución 851 de 2022 de establecer un SRyG y cumplir con una meta de recolección, la interacción productor-SRyG debe ser el primer eslabón de la cadena de valor. Es decir, desde el inicio los importadores de las LIB deberían dar a conocer a las autoridades competentes el SRyG con el cual trabajarán y el SRyG debería tener acceso a la información que le permita hacer la trazabilidad, como el uso previsto de las baterías, requerimientos para recolección y riesgos de seguridad en su transporte y almacenamiento, entre otros. Esta interacción actualmente se da de manera parcial. Los SRyG interactúan con los productores de baterías individuales, principalmente las destinadas a los AEE, pero de momento no se observa una clara integración con los importadores de LIB para otros usos o con los importadores de EV. Una de las razones para que esto último ocurra es que el umbral actual para implementar un SRyG es de 3000 unidades, cantidad que hasta ahora la gran mayoría de importadores manifiesta no haber alcanzado y por lo tanto están exentos de dicha obligación. Además de lo ya propuesto sobre abrir la subpartida arancelaria 850760000 y revisar la manera de cálculo del actual umbral, se propone también que MinAmbiente y MCIT revisen la mejor manera para que, previo a la importación, el importador suministre la información necesaria que asegure la recolección y gestión ambientalmente segura de las ULIB.

SRyG – Distribuidores – Talleres de servicio técnico y Autoridades ambientales locales

Siguiendo el flujo natural de la LIB, la gran mayoría de los distribuidores cuentan con talleres autorizados de servicio técnico a los cuales acude el usuario cuando se le presenta algún problema de esta índole y necesita revisar o reemplazar las LIB, por ejemplo, de los EV. Se propone entonces aprovechar la infraestructura de los talleres de servicio técnico y crear una red de centros de acopio en diferentes ciudades del país, que estén debidamente autorizados por las autoridades locales para el acopio seguro de las ULIB. Aunque el acopio no requiere actualmente de licencia ambiental, se deben establecer al menos los requisitos mínimos de seguridad. Existen al menos 90 puntos potenciales identificados a nivel nacional, un número que podría incrementarse significativamente al considerar la red de puntos de venta y talleres asociados a cada empresa importadora. Estos centros de acopio pueden hacer parte del sistema de información antes propuesto y llevar los inventarios de las ULIB que reciban. Los SRyG deberían coordinar sus actividades con los distribuidores y los centros de acopio para asegurar su oportuna recolección y gestión ambiental.

Los talleres de servicio técnico de las marcas y/o los distribuidores deberán destinar un espacio en sus locales o en el lugar que designen, en coordinación y con el acompañamiento de los SRyG. Es deseable que se considere la recepción de todo tipo de baterías de litio pertenecientes a la subcategoría pilas y acumuladores para dar un mayor alcance al indicador cobertura geográfica de la resolución 851 de 2022. Dado que la preparación de un centro de acopio de baterías de litio implica considerar varios aspectos técnicos y logísticos para garantizar la seguridad y la eficacia en la

gestión de las ULIB, esta propuesta debería desarrollarse en el mediano plazo.

Con relación a los requisitos técnicos para tener en cuenta en los centros de acopio, éstos deben cumplir con todas las regulaciones y normativas locales sobre manejo de residuos y mercancías peligrosas. Se sugiere considerar al menos las siguientes recomendaciones:

- Estar en un lugar accesible para el público y los transportistas, con señales claras que indiquen su ubicación y su propósito.
- Utilizar contenedores diseñados específicamente para la recolección de baterías de litio, que sean resistentes a la corrosión y al fuego.
- El área debe estar bien ventilada para evitar la acumulación de gases potencialmente peligrosos y el suelo debe ser impermeable y resistente a productos químicos para evitar filtraciones.
- Contar con un sistema para el control de incendios de LIB.
- Las baterías deben estar claramente etiquetadas para identificar su tipo y estado.
- Mantener un registro de las baterías recolectadas, incluyendo la cantidad, tipo y origen, para asegurar la trazabilidad (este punto lo debería cubrir el software de hoja de vida).
- El personal encargado de la recolección y manejo de baterías debe recibir capacitación sobre los riesgos asociados y las mejores prácticas de manejo. Así mismo se deben implementar protocolos de emergencia en caso de incidentes, como derrames o incendios.

- Implementar un sistema de vigilancia para prevenir vandalismo y asegurar la seguridad del sitio.

SRyG – Centros de acopio y Gestores ambientales

Como se mencionó anteriormente, las baterías de EV que llegan a los gestores ambientales, tanto de reacondicionamiento como de reciclaje, llegan directamente de los talleres de mantenimiento de las grandes marcas, o de centros de servicio técnico autorizados, sin pasar contablemente por los SRyG. Los SRyG deberán tener una comunicación eficaz con los centros de acopio propuestos para garantizar la recolección oportuna de las ULIB y su posterior transporte hacia las instalaciones de los gestores ambientales, bien sea de reacondicionamiento o reciclaje, según sea el caso. Los SRyG deben establecer acuerdos con Gestores Ambientales que se especialicen en el aprovechamiento y tratamiento de baterías de litio para asegurar su correcta gestión ambiental. En virtud de estos acuerdos, los gestores ambientales podrán transportar las ULIB hacia sus instalaciones en nombre de los SRyG y llevar la trazabilidad en el Sistema de información. Finalmente, los gestores ambientales deberán informar a los SRyG el manejo dado a las ULIB y soportarlo con un balance de masas y el respectivo certificado de gestión.

Conformación de una Red de Conocimiento para la Gestión de las LIB

Como resultado de lo anterior, se propone también la creación de una red de conocimiento o mesa técnica, conformado por representantes tanto de los sectores públicos como privados. Esta Red puede estar enmarcada dentro del Comité Nacional de RAEE y será fundamental para adelantar las acciones previstas en este documento. Dentro de sus principales funciones se proponen las siguientes:

- Identificar problemas relacionados con la gestión integral de las LIB y generar ideas y perspectivas sobre el tema.
- Discutir y analizar las ideas o proyectos propuestos por los diferentes actores
- Formular soluciones a los problemas planteados y trabajar activamente con los entes gubernamentales para lograr su aplicación efectiva.
- Promover investigaciones y asistencia técnica en temas relacionados con la recolección, aprovechamiento y reciclaje de ULIB, así como los temas regulatorios relacionados.
- Velar por el cumplimiento de las estrategias que se decidan implementar para mejorar la gestión de las ULIB en el país y asegurar que se compartan los conocimientos, las mejores prácticas y las experiencias aprendidas.

3.1.3 Programa de capacitación dirigido a los primeros actores de la cadena de valor

La integración de las partes interesadas presupone también que los actores de la cadena están suficiente informados y sensibilizados sobre sus roles, razón por la cual se propone también un programa de capacitación dirigido a los actores clave. Además de las especificidades que se mencionan a continuación para cada actor, todos deben recibir capacitación específica sobre el uso del software centralizado del Sistema de información y trazabilidad.

Capacitación a los SR&G

Se propone ejecutar un proyecto a corto plazo de apoyo técnico para que los SR&G de baterías existentes y nuevos desarrollen

capacidades de administración, de logística de recolección, transporte y gestión ambiental de ULIB, basado en las regulaciones existentes como la resolución 851 de 2022 pero con énfasis en las LIB y sus características particulares. Así mismo, sobre su articulación con los actores involucrados en la cadena (productores, distribuidores, empresas de transporte, gestores ambientales, gobierno).

Las temáticas para el desarrollo del proyecto pueden incluir la construcción y/o administración de redes logísticas de transporte de mercancías peligrosas, así como metodologías de relacionamiento y construcción de vínculos con la cooperación internacional, y con el sector público y privado para la ejecución de proyectos, capacitación técnica en la gestión de baterías de litio y en el manejo de sistemas software de información centralizados (hoja de vida LIB). Estas capacitaciones se pueden realizar a mediano plazo con la ayuda de la academia y el MinAmbiente y se ejecutarían en paralelo con la planeación y ejecución de los Centros de Acopio Autorizados, teniendo en cuenta que los SR&G coordinan este proceso.

Capacitación al sector de movilidad eléctrica

Se propone implementar programas de capacitación especializados dirigidos a importadores relacionados con la movilidad eléctrica, tanto pesada como liviana, importadores de LIB para EV y otros usos, distribuidores, talleres de mantenimiento, servicios técnicos, puntos de venta y concesionarios de vehículos eléctricos. Estos programas estarán enfocados en sensibilizarlos y capacitarlos sobre sus roles y responsabilidades en la gestión de las ULIB, las normativas nacionales, las prácticas seguras para el manejo de baterías usadas y la conformación de Centros de Acopio

Autorizados. Las capacitaciones podrían impartirse con la ayuda del sector académico interesado en esta temática como la Universidad de Antioquia y el SENA, acompañados también por los SR&G y MinAmbiente, entre otros. Estas capacitaciones se pueden realizar en el corto plazo en paralelo con la planeación y ejecución de los Centros de Acopio Autorizados.

Capacitación a transportistas, empresas de logística y Policía Vial

El transporte de baterías de litio constituye un elemento crítico dentro de la cadena de gestión, dado que requiere una logística minuciosamente planificada para garantizar que las baterías lleguen a su destino de manera segura y eficiente, minimizando el riesgo de incendio o contaminación durante su traslado. Se propone que además de incluir a los transportistas y empresas de logística, se incluya también a la policía de carreteras a través de la Dirección de Tránsito y Transporte, dada su misión de asegurar que su cumplan las normas de tránsito y la prevención de la accidentalidad en las vías y terminales en todos los modos del transporte.

Es deseable que la capacitación esté liderada por el Ministerio de Transporte en coordinación con el MinAmbiente y los SR&G, y debe asegurar al menos: 1) el conocimiento de la regulación colombiana para el transporte de mercancías peligrosas, en particular del Decreto 1079 de 2015 y sus partes modificatorias (Decreto Único Reglamentario del Sector Transporte”, 2) el riesgo asociado a las ULIB en las operaciones de transporte, 3) Normas técnicas para el embalaje, etiquetado, documentación, y requisitos que deben cumplir los vehículos para el transporte de ULIB y 4) las mejores prácticas asociadas al transporte de ULIB. Como resultado del curso, se debe asegurar que quienes lo aprueben obtengan el

certificado del curso básico obligatorio de capacitación para conductores de vehículos que transportan mercancías peligrosas, que es el documento que acredita que una persona está capacitada, preparada y la autoriza para la operación de vehículos destinados al transporte de mercancías peligrosas.

Este escenario presenta una oportunidad para que a mediano plazo las empresas de logística especializada incursionen en este sector, adaptando sus flotas y operaciones para cumplir con los requisitos normativos y atender la creciente demanda de transporte seguro de baterías de litio. Esta diversificación no solo reforzaría la capacidad logística nacional, sino que también impulsaría el desarrollo de un nicho estratégico dentro del ámbito de la sostenibilidad y la movilidad eléctrica.

Tabla 4:
Resumen de las recomendaciones para la etapa de Puesta en el Mercado y Recolección

| Estrategia | Líneas estratégicas | Prioridad* | Actores involucrados |
|--|---|------------|---|
| Implementar un sistema de información y trazabilidad para ULIB | 1. Revisión de la subpartida arancelaria 8507600000 y modificación del umbral de 3000 unidades por unidades de peso neto. | 1 (N) | MinAmbiente Mintransporte MCIT Productores y SRyG |
| | 2. Desarrollo de mecanismo para que el importador de EV suministre la información relevante de las LIB. | 1 (N) | |
| | 3. Registro de la información de la LIB incorporadas en los EV en el RUNT. | 1 (N) | |
| | 4. Registro de la información de las LIB individuales importadas para movilidad eléctrica u otros usos en el RPCAEE. | 1 (N) | |
| | 5. Construcción Sistema de gestión de la comunicación y la información SGIC (sistema de trazabilidad). | | |
| | 6. Interoperabilidad del sistema y acceso a la información para todas las partes interesadas. | | |
| Integrar a los actores de la cadena de valor | 1. Mecanismo para que el Importador suministre información al MinAmbiente y al MCIT sobre el SRyG con el cual gestionará sus ULIB, previo a la importación. | 1 (N) | MinAmbiente MCIT Productores, comercializadores y SRyG Centros de mantenimiento y reparación |
| | 2. Creación de centros de acopio regionales autorizados por la autoridad local y en alianza con los SRyG. | 3 | |
| | 3. Pilotos del flujo de la información entre generadores públicos o privados, los SRyG y los gestores ambientales, según lo previsto en el SGIC para ULIB. | 3 | |
| | 4. Conformación de una red de conocimiento. | 1 | |
| Implementar un programa de capacitación dirigido a los actores de la cadena de valor | 1. Diseño de los diferentes programas dirigidos a los SRyG, sector de movilidad eléctrica, transportistas y policía vial. | 1 | Universidades y centros de formación como SENA. MinAmbiente MinTransporte SRyG |
| | 2. Implementación del programa para los SRyG: recolección, transporte y gestión ambiental de las ULIB. Uso de software centralizado (bases de datos creada) (MP). | 2 | |
| | 3. Sector de movilidad eléctrica: manejo seguro de baterías de acuerdo con guías técnicas, conformación de Centros de Acopio Autorizados | 2 | |
| | 4. Transportistas, empresas de logística y policía vial: cumplimiento de normativo, riesgos asociados a la actividad, identificación mercancía y vehículos. | 2 | |

***Prioridad 1:** corto plazo **Prioridad 2:** mediano plazo **Prioridad 3:** largo plazo

N: iniciativas de tipo normativo

3.2 Reacondicionamiento y Reutilización de las ULIB

El reacondicionamiento y la reutilización de baterías de litio usadas es una etapa clave para maximizar su vida útil y reducir la demanda de nuevas LIB, pues muchas

baterías desechadas, especialmente las provenientes de vehículos eléctricos, aún conservan una capacidad significativa que puede aprovecharse en aplicaciones de menor exigencia. En consonancia con la Estrategia Nacional de Economía Circular, potenciar mercados secundarios activos para ULIB reacondicionadas puede contribuir a reducir la necesidad de materias primas primarias y minimizar los residuos, así como a la generación de encadenamientos y el fortalecimiento de cadenas de valor, como uno de los factores generadores de productividad.

No obstante los grandes avances que ha logrado el sector empresarial del país en el reacondicionamiento y la reutilización de LIB, existen todavía algunas barreras que deben sortearse. Algunas de ellas son:

- Las LIB se diseñan y fabrican de diferentes tipos, químicas y configuraciones, lo cual aumenta los costos de evaluación y reacondicionamiento.
- Hay dificultad de realizar diagnósticos precisos de las ULIB porque el productor no brinda información sobre el sistema de gestión de baterías (BMS) y hay dificultad para acceder a este y obtener la información requerida (historial de recarga, temperatura promedio, nivel promedio de carga, etc.).
- Se deben instalar nuevos BMS a las ULIB reacondicionadas, y dado que no hay producción nacional, estos deben

importarse ocasionando demoras en la entrega de las ULIB reacondicionadas a los clientes. De otra parte, hay escasez de proveedores de BMS.

- Es necesario captar mayores volúmenes de ULIB para conseguir el punto de equilibrio económico. Además de que las cantidades disponibles son aún bajas, existe un mercado informal en torno a esta actividad y también hay empresas de EV que no desean que sus ULIB se diagnostiquen y reacondicionen y deciden exportarlas.
- Hay ausencia de certificaciones u homologaciones nacionales que respalden la calidad de baterías reacondicionadas, afectando su aceptación en el mercado y generando desconfianza por parte del usuario, tanto por la garantía que se pueda ofrecer como por los aspectos de seguridad.
- El mercado para baterías de segundo uso es aún muy pequeño y se debe dinamizar para poder cubrir los costos de funcionamiento.

Aunque algunas de las barreras mencionadas podrían solucionarse con las recomendaciones planteadas anteriormente, otras requieren de estrategias adicionales. A continuación, se plantea una estrategia general de Fomento a la industria de reacondicionamiento y reutilización de ULIB que consta de cuatro componentes: el desarrollo de la industria nacional para la fabricación de BMS, la adopción de normas técnicas para el manejo seguro de las ULIB, el fomento al mercado de ULIB reacondicionadas y el establecimiento de una red nacional de centros de diagnóstico de ULIB.

3.2.1 Desarrollo de la industria electrónica local

La electrónica de la LIB, y en particular de los BMS, plantea un reto particular para el sector del reacondicionamiento y la reutilización de las LIB. Para enfrentarlo, se propone trabajar en dos frentes:

1. Mientras se da el desarrollo de una industria nacional, es necesario promover la transferencia de conocimiento y tecnología fortaleciendo los vínculos entre los proveedores internacionales de BMS y los centros de diagnóstico y recuperación. Esto puede lograrse apoyando la participación de los empresarios colombianos en giras de estudios, ferias comerciales internacionales y talleres y eventos de networking, sacando provecho principalmente de la Cooperación Internacional y los diferentes proyectos actualmente en curso. Así mismo, se debe trabajar en la construcción de una base de datos de proveedores de BMS y ponerla a disposición de los empresarios interesados.
2. El segundo frente propuesto es apoyar la creación de proveedores locales de BMS, para lo cual se plantea implementar un proyecto que promueva la investigación y el desarrollo. Esto puede incluir la creación de incubadoras de empresas, apoyándose en la Cooperación Internacional y los mecanismos de participación que ofrece la Agencia Presidencial de Cooperación Internacional (APC) y el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MCTI). Mediante este proyecto se apoyaría a emprendedores en el desarrollo de soluciones innovadoras para la gestión y recuperación de baterías, como lo hace actualmente la universidad de Antioquia a través del CIDEMAT y el Grupo de Manejo Eficiente de la Energía, GIMEL, para el diagnóstico de ULIB y la fabricación de BMS.

El proyecto también debe incluir un componente de capacitación dirigido a los proveedores locales para asegurar que estén al tanto de las últimas tecnologías y normativas en la gestión de baterías, y vincular a la academia y demás partes interesadas de la cadena de valor de las LIB.

3.2.2 Elaboración de estándares técnicos para el reacondicionamiento de las ULIB y Certificación de LIB para segunda vida

En este apartado se propone que el país adapte estándares y protocolos técnicos para el reacondicionamiento de ULIB, actualmente disponibles en el contexto internacional, de manera que las empresas de reacondicionamiento puedan demostrar su cumplimiento y certificar la calidad de las ULIB reacondicionadas. En los documentos que están siendo desarrollados por el proyecto ProUSAR de la GIZ, se muestra que existen estándares para las LIB de primera vida que ingresan al mercado que, en algunos casos, pueden aplicarse a la evaluación de baterías reacondicionadas o de segundo uso. Este es el caso de los estándares ISO para medir el desempeño de la LIB, o los estándares IEC/EN 62133 para implementar un programa de reacondicionamiento de baterías.

Así mismo, en el documento de lineamientos técnicos para la gestión de ULIB que hace parte del presente proyecto, se mencionan los estándares del Instituto Nacional Estadounidense de Estándares ANSI/CAN/UL 1974:2023 para la evaluación y reutilización de baterías que abarca el proceso de selección y clasificación de paquetes de baterías, módulos y celdas y condensadores electroquímicos, que prevén ser usados en una aplicación de segundo uso. También, se menciona el estándar de la Comisión Electrotécnica Internacional IEC 63330-1:2024 sobre Requisitos generales

para la reutilización de baterías secundarias, el cual establece los requisitos generales para la reutilización de baterías secundarias (células, módulos, conjuntos de baterías) fabricadas originalmente para otras aplicaciones, como los EV. También, el estándar especifica el procedimiento para evaluar el rendimiento y la seguridad de las ULIB.

Mientras que la elaboración de estándares y protocolos técnicos para el reacondicionamiento de ULIB se propone realizar en el corto plazo, la certificación y homologación de las ULIB para su segunda vida se propone para el mediano plazo. La primera fase etapa consiste en recopilar estándares internacionales como los ya mencionados, y determinar cuáles serían los que se podrían adaptar mejor al contexto colombiano. Su adaptación, implementación y cumplimiento, permitirían establecer unas reglas de juego claras para los diferentes actores, reduciendo riesgos asociados al uso de baterías reacondicionadas y aumentando la confianza de los usuarios finales.

La colaboración con entidades certificadoras, las autoridades ambientales, el sector académico y las empresas reacondicionadoras, facilitará el diseño de un sistema de certificación robusto, con procesos estandarizados para evaluar la calidad de las baterías reacondicionadas, alineados con prácticas internacionales y ajustados a las necesidades específicas del mercado colombiano.

En la implementación del servicio es fundamental trabajar en conjunto con organismos normalizadores y certificadores como el ICONTEC o SGS, quienes poseen la experiencia técnica y los protocolos necesarios para estructurar el servicio y ponerlo a disposición de los centros de diagnóstico y reacondicionamiento de LIB. Cabe mencionar que, en 2019, ya se elaboró con el ICONTEC Normas Técnicas Colombianas

para la recolección, acopio y transporte, almacenamiento, tratamiento y descontaminación de los RAEE (NTC 6352-1:2019/09/18 y NTC 6352-2: 2019/09/18), basadas en estándares internacionales y en las cuales ya se han certificado varias empresas. Así mismo, se cuenta también con la NTC 6684 de 2023, la cual establece los requisitos para la preparación para la reutilización de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). La generación de este tipo de normas también serviría de base para que en el futuro las autoridades ambientales vieran la posibilidad de su exigencia legal, como parte de los procesos de licenciamiento ambiental.

La generación de estándares nacionales tendría necesariamente que venir acompañada de capacitación técnica, que contemple además requisitos que garanticen la seguridad de los trabajadores y la protección ambiental. Ofrecer programas especializados sobre los requisitos de los estándares, permitirá formar un personal altamente calificado para los centros de diagnóstico y reacondicionamiento. Estos programas deben cubrir desde la evaluación del estado de salud de las baterías hasta los procedimientos para reacondicionarlas de manera segura. La participación de la academia será vital en este proceso, proporcionando conocimientos actualizados y promoviendo la investigación en tecnologías de recuperación y reutilización de baterías de litio.

Un sistema de certificación bien estructurado no solo contribuye al cumplimiento de las normativas ambientales, sino que también promueve el desarrollo de un mercado competitivo de baterías reacondicionadas. Este enfoque integral posicionaría a Colombia como un referente en la implementación de soluciones sostenibles para la gestión de baterías de litio, fortaleciendo tanto la economía circular como los objetivos de transición energética del país.

3.2.3 Promoción del mercado de ULIB reacondicionadas

Fomentar la compra y uso de baterías de litio reacondicionadas (ULIB) en Colombia constituye un paso estratégico hacia la consolidación de una economía circular en los sectores de la movilidad eléctrica, electrónica y de aplicaciones estacionarias, entre otros. En este contexto, a corto plazo se propone la realización de un estudio para identificar y clasificar a las empresas que potencialmente podrían incorporar las ULIB en sus operaciones, bien en proyectos de almacenamiento estacionario de energía, o en soluciones energéticas renovables. La colaboración entre actores como MinAmbiente, las universidades, el SENA, las Cámaras de Comercio de los diferentes departamentos del país y la ANDI, permitiría la recolección de información integral y precisa, necesaria para construir un directorio robusto de posibles usuarios finales y aliados estratégicos.

El diseño de incentivos a mediano plazo será clave para fomentar la adopción de baterías reacondicionadas en el mercado. Estos incentivos podrían abarcar desde reconocimientos de sostenibilidad que mejoren la competitividad y reputación corporativa tanto para las empresas que se dedican al reacondicionamiento de las baterías de litio, como para aquellas que adquieren las ULIB reacondicionadas, hasta incentivos fiscales como deducciones en el impuesto de renta o exenciones en el IVA.

Conscientes de que los temas fiscales suelen ser bastante complicados, el liderazgo de entidades como el MinAmbiente y la ANDI será esencial para diseñar políticas que impulsen “compras verdes” y promuevan la transición hacia tecnologías limpias y sostenibles. Este enfoque no solo incentivará la demanda de baterías de segunda vida, sino que también contribuirá a reducir

los impactos ambientales asociados con el desecho prematuro.

En paralelo, se debe desarrollar una estrategia de comunicación masiva, que eduque y sensibilice a las empresas y al público general sobre 1) los riesgos inherentes al mal manejo de las ULIB y la obligación de entregarlas a los canales oficiales establecidos (SRyG) y 2) los beneficios ambientales y económicos de utilizar baterías reacondicionadas.

Esta estrategia puede incluir talleres educativos y campañas informativas en medios audiovisuales y redes sociales, con la participación activa de la sociedad civil a través de la Confederación Colombiana de Consumidores, Universidades, el SENA, las Cámaras de Comercio, los SRyG y los gestores ambientales, entre otros.

Finalmente, se propone la creación de una normativa específica para las LIB en Colombia. Esta normativa debería incluir al menos los requisitos que deben cumplir las LIB que se introduzcan al mercado nacional (incorporadas a los EV o individuales) y los estándares técnicos antes mencionados, entre otros aspectos. Como base de partida, se sugiere revisar el Reglamento de la Unión Europea (Reglamento (UE) 2023/1542) y la propuesta desarrollada por la CEPAL en 2024 denominada “Propuesta de marco regulatorio para baterías fuera de uso provenientes de la electromovilidad: Requisitos de ingreso, reciclaje y utilización en segunda vida para almacenamiento estacionario de energía”. En este documento se realiza un análisis resumido de las regulaciones existentes en la Unión Europea, Estados Unidos, China y Chile, y concluye con una propuesta ajustada a la región Latinoamericana.

Para efectos de adaptar esta regulación a los problemas que afronta el sector en

Colombia, es necesario también establecer controles e incentivos para fomentar el tratamiento local, evitar la exportación de baterías usadas, y mediar con los fabricantes de vehículos para que permitan que las empresas nacionales que hacen el reacondicionamiento hagan el diagnóstico de sus ULIB, mediante figuras como la representación técnica o tener sistemas homologados. De otra parte, con el objetivo de incentivar a los SRyG, se podría también revisar si los indicadores de investigación aplicada y desarrollo experimental en el aprovechamiento de residuos y el de fomento a la economía circular, pueden tener un peso mayor dentro del sistema de evaluación actual.

El desarrollo de tal regulación requerirá un esfuerzo coordinado entre actores clave, como MinAmbiente, la ANLA, los SRyG, gestores ambientales, la ANDI y el sector académico, asegurando que se construya un marco legal que promueva la innovación y facilite la adopción de tecnologías sostenibles en el país.

3.2.4 Red de centros de diagnóstico para ULIB

Los Centros de Diagnóstico son los encargados de evaluar las ULIB y determinar si son o no aptas para una segunda vida, en la misma o en otras aplicaciones. Se propone ampliar los centros de diagnóstico de LIB para que haya una mejor cobertura nacional, disminuir riesgos en el transporte y disminuir la huella de carbono debido a su traslado entre ciudades. Para esto, se debe llevar a cabo en el corto plazo un estudio geográfico del flujo de ULIB basado en datos de importación y venta, para la identificación de ubicaciones estratégicas en áreas urbanas y rurales donde se genere un volumen significativo de baterías usadas. Sería ideal que algunos de los centros de

acopio regionales propuestos anteriormente pudieran servir también como centros de diagnóstico, entendiendo la limitación que estos centros deben estar equipados con tecnología avanzada para la evaluación del estado de salud de las baterías, así como de equipos, herramientas y sistemas informáticos necesarios.

Además, es fundamental que estos centros obtengan certificaciones que garanticen el cumplimiento de las normativas ambientales y de seguridad. Esto podría llegar a incluir la obtención de licencias de operación y certificaciones de calidad que aseguren que los procesos de recuperación son seguros y eficientes. La colaboración con organismos reguladores y entidades de certificación será clave para establecer los estándares necesarios.

Se debe implementar un programa para asegurar que los funcionarios de los centros de diagnóstico y recuperación están debidamente capacitados, en todos los aspectos de la clasificación y recuperación de LIB. Este programa debe incluir módulos sobre la química de las baterías, técnicas de diagnóstico, seguridad de procesos, procedimientos de recuperación y normativas de seguridad y medio ambiente. La capacitación debe ser impartida por expertos en el campo, incluyendo académicos, profesionales de la industria y representantes de organismos reguladores, mediante talleres prácticos y sesiones teóricas que permitan a los participantes adquirir habilidades prácticas y teóricas. También, el programa de capacitación debe ser dinámico, con actualizaciones periódicas para incorporar nuevas tecnologías y procedimientos que surjan en el campo de la recuperación de baterías. La participación activa de la Red de Conocimiento propuesta en la sección anterior será fundamental para asegurar el intercambio de conocimientos, mejores prácticas y experiencias.

La implementación de estándares técnicos y del marco normativo mencionado en el numeral anterior, reforzará la manera en que deben operar estos centros, definiendo detalladamente los procesos a seguir, y la elaboración de guías y manuales técnicos que abarquen cada etapa del proceso de recuperación, asegurando un tratamiento adecuado y sostenible. La normativa debe alinearse con las mejores prácticas internacionales, adaptándolas a las particularidades del contexto local. Esto implica llevar a cabo un proceso de consulta inclusivo con las partes interesadas, como empresas de reciclaje, autoridades ambientales y expertos técnicos, con el objetivo de garantizar que las regulaciones sean tanto prácticas

como efectivas. Una vez formuladas, estas normativas deben someterse a un proceso de validación y certificación por parte de organismos competentes para asegurar su viabilidad y conformidad técnica.

La implementación de estos procedimientos debe estar respaldada por un programa integral de monitoreo y evaluación, en el cual las autoridades que se determinen como competentes juegan un papel fundamental. Este programa permitirá verificar el cumplimiento y la efectividad de las normativas a través de auditorías periódicas y la recopilación de datos relacionados con el desempeño de los procesos de recuperación.

Tabla 5:

Resumen de las recomendaciones para el fomento a la industria de reacondicionamiento y reutilización de ULIB

| Estrategia | Líneas de Acción | Prioridad* | Actores involucrados |
|---|---|------------|-------------------------------------|
| Desarrollo de la industria electrónica local | 1. Transferencia de conocimiento y tecnología para desarrolladores locales. | 1 | Cooperación Internacional |
| | 2. Proyectos de incubación de empresas de desarrollo de BMS. | 3 | MCIT APC |
| | 3. Programa de capacitación para desarrolladores locales de BMS. | 1 | Privados |
| Elaboración de estándares técnicos para el reacondicionamiento de las ULIB y Certificación de LIB para segunda vida (N) | 1. Estudio de normativas internacionales y elaborar de estándares nacionales | 1 | Autoridades ambientales |
| | 2. Creación de incentivos para reacondicionadores y compradores de ULIB (compras verdes). | 2 | Organismos certificadores |
| | 3. Diseño de una estrategia de comunicación | 2 | Empresas reacondicionadoras de ULIB |
| | 4. Creación de una normativa específica para LIB. | 2 | Academia SRyG |
| Promoción del mercado de ULIB reacondicionadas | 1. Identificación de empresas potencialmente usuarias de ULIB. | 1 | MinAmbiente Universidades |
| | 2. Creación de incentivos para reacondicionadores y compradores de ULIB (compras verdes). | 2 (N) | SENA Cámaras Comercio |
| | 3. Diseño de una estrategia de comunicación | 1 | ANDI Conf. Col. de Consumidor |
| | 4. Creación de una normativa específica para LIB. | 2 (N) | SRyG Gestores Amb ANLA |

| Estrategia | Líneas de Acción | Prioridad* | Actores involucrados |
|---|---|------------|-------------------------------|
| Red de centros de diagnóstico para ULIB | 1. Estudio geográfico de flujo de ULIB para establecer ubicación de centros de diagnóstico. | 1 | MinAmbiente |
| | 2. Implementar centros de diagnóstico y recuperación de ULIB | 3 | Gestores Ambientales |
| | 3. Adopción de procedimientos estandarizados. | 3(N) | Cooperación internacional |
| | 4. Programa de capacitación a los centros de diagnóstico y recuperación. | 1 | SRyG Universidades SENA |

* **Prioridad 1:** corto plazo **Prioridad 2:** mediano plazo **Prioridad 3:** largo plazo
N: iniciativas de tipo normativo

3.3 Reciclaje de las ULIB

El reciclaje de baterías de litio es la etapa final en su ciclo de vida y desempeña un papel fundamental en la gestión sostenible de estos dispositivos en Colombia. A través del reciclaje de las ULIB, se recuperan materiales valiosos como litio, cobalto y níquel, reduciendo la necesidad de extracción minera y mitigando los impactos ambientales asociados. Sin embargo, el reciclaje también enfrenta desafíos tecnológicos y económicos, ya que requiere procesos especializados y costosos que aún no están completamente desarrollados en el país. Potenciar las plantas de reciclaje locales con la colaboración del gobierno, empresas privadas y la academia puede transformar esta etapa en un motor de sostenibilidad y competitividad. Además, fortalecer la regulación y la conciencia ciudadana en torno al reciclaje es clave para consolidar un modelo eficiente que garantice la protección ambiental y la transición hacia una economía más circular en Colombia. Dentro de los principales retos que enfrenta el sector del reciclaje de ULIB en el país están:

- Hay diversidad de químicas y modelos de baterías que complican los procesos técnicos de reciclaje y exigen a las empresas adaptaciones continuas.
- Los riesgos de explosión e inflamabilidad están siempre latentes y las empresas por lo general carecen de planes de emergencia específicos. De otra parte, los cuerpos de atención de emergencias como los bomberos no cuentan con formación específica para la atención de este tipo de emergencias.
- Hay dependencia económica de la recuperación de materiales valiosos como Li, Co, Mn y Ni. Existe un desbalance económico para el reciclaje de nuevas tecnologías como las ULIB de LFP (Litio-ferrofosfato) o de otras que desbalancen la ecuación económica del reciclaje.
- Los flujos disponibles son aún bajos debido a que la gran mayoría de las ULIB de EV aún no han llegado al fin de su ciclo de vida y porque existe un mercado informal que exporta parte de las ULIB que se generan en el país. El hecho de que las ULIB no sean consideradas como residuo peligroso en la regulación nacional, favorece esta situación.
- El abastecimiento de ULIB representa un reto logístico, principalmente porque su generación está muy dispersa en el país.

- No se aplican estándares técnicos específicos sobre las técnicas de reciclaje de ULIB

Para enfrentar los retos actuales de la industria del reciclaje de ULIB en el país, se proponen las siguientes estrategias:

3.3.1 Renovación tecnológica de las plantas recicladoras de ULIB

Dado el interés creciente que hay en el país de crear nuevas empresas para el tratamiento de las baterías de iones de litio, en primera instancia se propone realizar un diagnóstico exhaustivo de las plantas de reciclaje de ULIB existentes con el fin de determinar establecer las necesidades específicas del sector y determinar los mecanismos que faciliten la transferencia tecnológica requerida. El análisis puede abarcar aspectos como la aplicación de estándares internacionales para el reciclaje de ULIB, capacidad operativa, tipos de ULIB que se pueden tratar, nivel de cumplimiento normativo, seguridad de los procesos y tecnologías empleadas, entre otros. Para ello, es crucial contar con la participación de Gestores Ambientales, SRYG, MinAmbiente y la Cooperación internacional, quienes podrán liderar el diseño y ejecución del diagnóstico, mientras que las universidades y los centros de investigación podrán ofrecer soporte técnico y metodológico. Las universidades también desempeñarán un papel esencial asesorando a los gestores ambientales en la identificación de las tecnologías más adecuadas y la estructuración de procesos estandarizados, para lograr una mayor eficiencia en la recuperación y valorización de los materiales. Además, la cooperación internacional puede aportar experiencias exitosas y referencias tecnológicas de otros países para guiar esta evaluación inicial. La integración de los diferentes actores y su participación a través de

la Red de Conocimiento antes propuesta, asegurará la implementación de tecnologías avanzadas y alineadas con estándares globales.

A partir de los resultados que se obtengan del diagnóstico del sector se debe diseñar un plan que responda a las necesidades identificadas, lo cual puede llegar a incluir un plan de inversión para modernización de las plantas recicladoras existentes o la creación de nuevas plantas. En este proceso deben estar siempre presentes los gestores ambientales, quienes son los principales interesados y beneficiarios. MinAmbiente y MinCiencias pueden coordinar esfuerzos para promover proyectos específicos en investigación y desarrollo, facilitar alianzas estratégicas como entidades financieras, desarrollar incentivos financieros que atraigan inversiones públicas y privadas, o proponer proyectos de cooperación internacional en el ámbito de los materiales críticos y la economía circular. Por su parte, los SR&G, en el marco de la REP, deben aportar a la sostenibilidad económica del reciclaje cubriendo el diferencial negativo que implica el reciclaje de algunas baterías de litio, como las de LFP.

La ejecución de un plan de renovación tecnológica, apoyado por la Red de Conocimiento propuesta anteriormente, será clave para garantizar la modernización de las plantas existentes y el diseño eficiente de nuevas instalaciones.

3.3.2 Mercado de los productos resultantes del reciclaje

Mercados nacionales e internacionales para los productos del reciclaje, en particular de la masa negra

La promoción de productos derivados del reciclaje, especialmente la masa negra,

requiere de la participación coordinada de actores públicos y privados. Inicialmente, se propone realizar un análisis de los mercados a nivel nacional e internacional, con el fin de identificar empresas que puedan refinar la masa negra y sectores industriales que demanden materiales recuperados como cobalto, níquel o litio, y establecer alianzas con compradores potenciales, tanto locales como globales. Como resultado del estudio se crearía una base de datos robusta y actualizada, esencial para centralizar información sobre mercados, compradores potenciales y precios de referencia. Dicho estudio puede ser liderado por las empresas recicladoras de ULIB, MCIT y MinAmbiente, en colaboración con universidades y centros de investigación. El involucramiento de entidades como ProColombia sería bastante beneficioso, pues dentro de sus funciones están el identificar de oportunidades de mercado, diseñar estrategias de penetración de mercados y promover e incentivar la internacionalización de las empresas colombianas. Así mismo, la participación de Cámaras de Comercio de otros países y que hacen presencia en Colombia, facilitaría la conexión entre empresas colombianas y compradores internacionales. Adicionalmente, la cooperación internacional puede proporcionar acceso a plataformas globales de comercio sostenible y promover estándares de calidad para hacer competitivos los productos reciclados de Colombia.

Fomento a la Investigación y desarrollo

Se hace necesario identificar e invertir en proyectos de investigación y desarrollo sobre tecnologías de reciclaje más eficientes y sostenibles, que permitan recuperar un mayor número de materiales valiosos de las ULIB, y en emprendimientos enfocados en la refinación de masa negra y la recuperación de metales críticos y estratégicos. Esta estrategia precisa la consecución

de recursos financieros, transferencia de tecnología y desarrollo de capacidades. Se considera que MinCiencias y MCIT, con el apoyo técnico de universidades y centros de investigación, podrían liderar programas de incubación de empresas y de aceleración para startups especializadas en reciclaje avanzado. También, se podría verificar con estas entidades la posibilidad de que puedan proporcionar infraestructura compartida, asistencia técnica y acceso a tecnologías de hidrometalurgia y pirometalurgia adaptadas al contexto colombiano.

Por otro lado, es fundamental garantizar el financiamiento a través de líneas de crédito preferenciales, subvenciones gubernamentales y fondos internacionales para innovación sostenible. Será de suma importancia la participación de la Cooperación Internacional a través de agencias como la ONUDI, PNUMA y PNUD, así como de la cooperación alemana, suiza, y japonesa, entre otras. Los gremios industriales como la ANDI y los SRYG pueden facilitar la articulación entre emprendedores y grandes empresas del sector minero-energético, promoviendo proyectos de valorización de residuos industriales. El país ya tiene casos exitosos como el del SRYG Pilas con el Ambiente, que ha destinado recursos para I+D en el desarrollado 4 proyectos, el último de los cuales lo desarrolló en Baterías de Movilidad Eléctrica con la empresa Batx. Finalmente, la implementación de normativas específicas que prioricen la obtención nacional de materias primas a través del reciclaje de las ULIB será un facilitador clave para el logro de los objetivos propuestos.

Fortalecimiento de la Normativa para ULIB

La regulación sobre la exportación de baterías usadas requiere un marco normativo específico, tal que fomente la valorización local de estos residuos. En este contexto,

MinAmbiente, en colaboración con MinCiencias y MCIT, podrían liderar la formulación de políticas que restrinjan la exportación de baterías usadas sin procesar, priorizando su reciclaje y reacondicionamiento en el país, sin que esto pueda llegar a convertirse en una barrera al comercio. Esta normativa debe incluir medidas que incentiven la reutilización y reciclaje local, como beneficios fiscales para empresas que inviertan en plantas de reciclaje o reacondicionamiento.

Adicionalmente, es importante la puesta en marcha del sistema de registro nacional obligatorio propuesto en este documento, ya que mediante este se asegura la trazabilidad de baterías usadas y facilitaría el que efectivamente se priorice su reciclaje en el país. Las autoridades ambientales nacionales y regionales y municipales tendrán un papel preponderante en el seguimiento y control de las normativas expedidas.

Capacitación de los actores

Al igual que lo ya mencionado en las secciones anteriores, la capacitación de los diferentes actores de la cadena de valor de las ULIB resulta esencial para el éxito de las

estrategias planteadas. Esto abarca a los involucrados en las etapas de recolección, transporte, reacondicionamiento y reciclaje, con las temáticas descritas anteriormente. Sin embargo, en vista de que los materiales resultantes de las ULIB son actualmente exportados, las empresas recicladoras de ULIB deben también recibir capacitación sobre el convenio de Basilea para el movimiento transfronterizo de residuos, asegurando que comprendan los riesgos y las mejores prácticas. Estas capacitaciones deberán ser coordinadas Mintransporte y MinAmbiente en coordinación con los SR&G.

De otra parte, se propone una capacitación específica al personal de aduanas, toda vez que son ellos los deben identificar en el puerto las mercancías y determinar la legalidad o no de la exportación. Para este efecto, se propone entrar en contacto con la UNITAR (Instituto de las Naciones Unidas para la Capacitación y la Investigación), organización que tiene programas de capacitación específicos sobre RAEE y ha efectuado entrenamientos prácticos a las aduanas de diversos países.

Tabla 6:
Resumen de las recomendaciones para mejoramiento de la industria del reciclaje de ULIB

| Estrategia | Líneas de Acción | Prioridad* | Actores involucrados |
|--|--|------------|--|
| Renovación tecnológica de las plantas recicladoras de ULIB | 1. Diagnóstico técnico de las plantas de reciclaje de ULIB actuales e identificación de necesidades. | 1 | Gestores Ambientales MinAmbiente MinCiencias |
| | 2. Elaboración plan de renovación para la modernización de plantas recicladoras. | 1 | MCIT Cooperación internacional SR&G |
| | 3. Ejecución del plan de renovación tecnológica. | 2 | Universidades SENA Cámaras de Comercio de otros países |

| Estrategia | Líneas de Acción | Prioridad* | Actores involucrados |
|--|--|------------|--|
| Fortalecimiento del mercado de los productos resultantes del reciclaje | 1. Análisis de mercados nacionales e internacionales para la masa negra. | 1 | Cooperación Internacional MCIT |
| | 2. Creación base de datos de mercados potenciales y compradores. | 1 (N) | MinAmbiente Gestores de ULIB SRyG |
| | 3. Programa acercamiento a clientes. | 2 | ProColombia Cámaras de Comercio de otros países |
| Fomento a la investigación y desarrollo | 1. Identificación de proyectos potenciales. | 3 | MinCiencias MCIT |
| | 2. Exploración de organismos financiadores | 3 | Coop. Internacional ANDI – SRyG |
| Fortalecimiento normativo específico para ULIB | 1. Restricción a exportaciones de baterías usadas | 1 (N) | MinAmbiente MinCiencias |
| | 2. Priorización tratamiento local | 2 (N) | MCIT |
| Capacitación de actores | 1. Diseño programa específico para empresas recicladoras | 1 | Mintransporte MinAmbiente |
| | 2. Diseño programa para aduanas | 1 | SR&G. |
| | 3. Diseño programa organismos de socorro | 1 | UNITAR |
| | 4. Implementación programas | 2 | |
| <p>*Prioridad 1: corto plazo Prioridad 2: mediano plazo Prioridad 3: largo plazo</p> <p>N: iniciativas de tipo normativo</p> | | | |

Finalmente, las empresas de reciclaje y los organismos de socorro como los bomberos deben recibir capacitación detallada sobre las metodologías de identificación, análisis y evaluación de riesgos en empresas que gestionen ULIB y elaboración de planes de emergencia que incluyan simulacros periódicos.

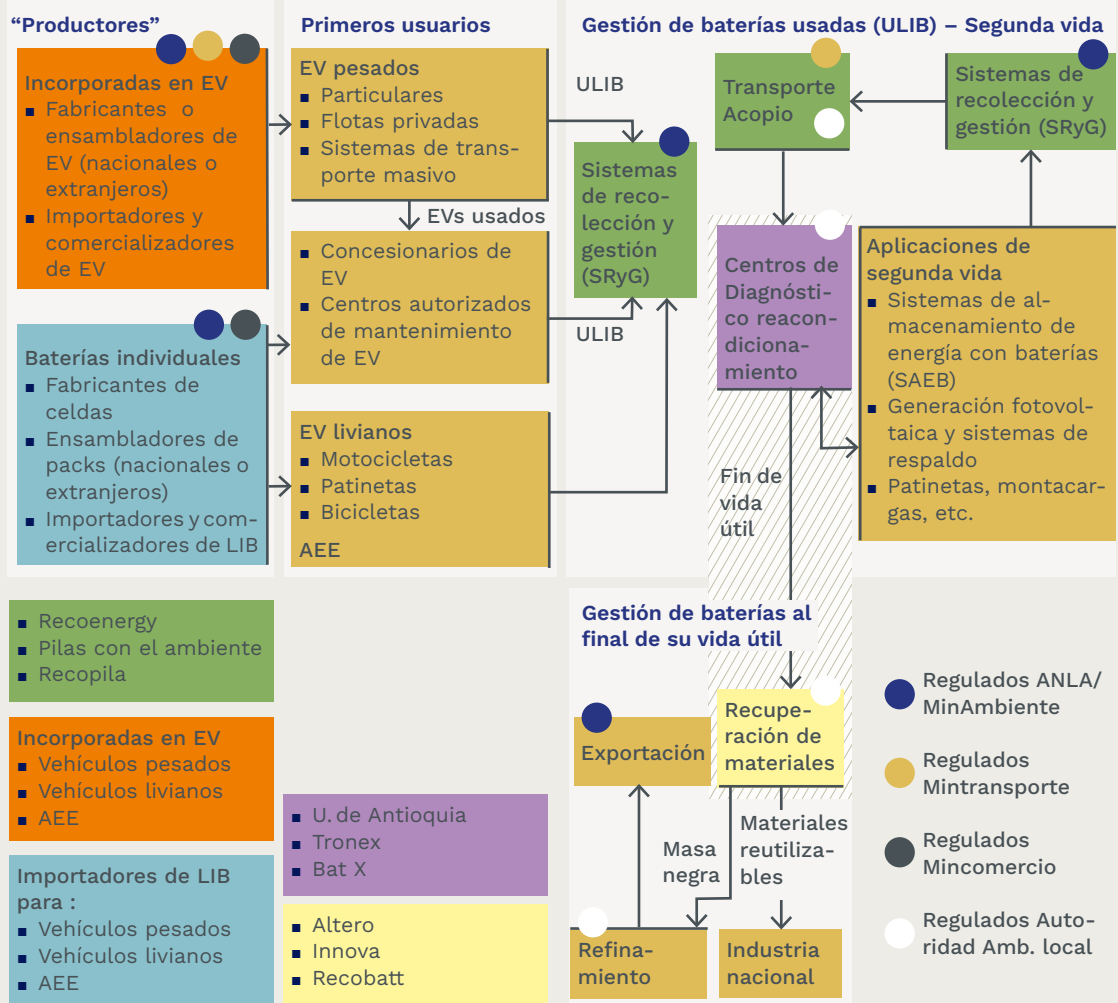
Como resultado de la implementación de las estrategias planteadas, se espera que el modelo de gestión que siga el país para la gestión de las ULIB sea el siguiente:

Figura 14:

Modelo esperado para la gestión de ULIB

Fuente: elaboración propia.

Nota: las entidades aquí mencionadas son las identificadas por el proyecto, es posible que puedan existir más o que surjan nuevas.



4. Propuesta para la gobernanza de la estrategia

Se propone que la gobernanza de las recomendaciones para la estrategia de gestión de baterías de litio se estructure bajo un modelo voluntario, participativo y transparente, garantizando la colaboración entre todos los actores clave involucrados. Este modelo debe incluir un marco claro para la toma de decisiones, la asignación de responsabilidades y el monitoreo de indicadores, asegurando la eficacia y sostenibilidad del sistema.

Para implementar las estrategias propuestas, es fundamental establecer un organismo de cooperación, monitoreo y control que garantice las interacciones adecuadas entre los sectores involucrados. Se propone que este organismo sea la *Red de Conocimiento para la Gestión de las LIB*, estructurado como un comité intersectorial que funcionaría como apoyo al Comité Nacional de RAEE, creado por la Ley 1672 de 2013. La Red debe incluir representantes de fabricantes de baterías y vehículos eléctricos (pesados y livianos), importadores, distribuidores, el Ministerio de Transporte, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, los Gestores ambientales, los Sistemas de Recolección y Gestión (SR&G), los organismos de cooperación internacional y la academia, entre otros.

En el contexto colombiano, existen ya espacios y organizaciones ya consolidados que pueden facilitar la creación y operación de esta Red.

1. **Sistemas de Recolección y Gestión (SR&G):** Representan a los productores de baterías en cumplimiento de la Resolución 851 y constituyen una manifestación del modelo de Responsabilidad Extendida del Productor (REP).
2. **Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI):** A través de sus cámaras sectoriales, representa a los productores de vehículos eléctricos y baterías, promoviendo el desarrollo integral del sector. Su participación ha sido clave en la creación de normativas relacionadas con RAEE.
3. **Gestores ambientales** desempeñan un rol esencial en el manejo de baterías de litio y, en general, de RAEE. Estas industrias especializadas se encargan de la recuperación y comercialización de materias primas derivadas de estos residuos, y en algunos casos, de su preparación para reutilización. Están debidamente autorizados por el Ministerio de Ambiente y la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), y su participación será clave para desarrollar capacidades tecnológicas avanzadas que optimicen los resultados de la estrategia. Adicionalmente, varios de ellos se encuentran asociados en la Asociación Colombiana de Industriales Gestores de RAEE, ACORAE.
4. **Las instituciones académicas y centros de investigación:** es imprescindible para complementar la labor de los gestores ambientales. Estas entidades aportan conocimientos científicos y tecnológicos que potencian el desarrollo local de soluciones innovadoras. Ejemplo de ello es el trabajo realizado por la Universidad de Antioquia, que ha demostrado avances significativos en este campo. Su contribu-

ción fortalecerá las capacidades del sector y garantizará la sostenibilidad técnica de las iniciativas propuestas.

Propuesta de Estructura organizativa y liderazgo

La Mesa técnica o Red de Conocimiento para la Gestión de las LIB, será el organismo encargado de liderar la implementación de las recomendaciones. Se sugiere que esté presidida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, quien actuará como ente facilitador y coordinador, asegurando que las acciones y proyectos sean consistentes con los objetivos nacionales de sostenibilidad y economía circular. Los Ministerios de Transporte y Comercio ejercerán un rol complementario, especialmente en los aspectos de logística, transporte y mercados.

Monitoreo de indicadores de gestión

Para asegurar el éxito de las estrategias planteadas, se sugiere la construcción de indicadores de gestión que sean supervisados periódicamente por el Ministerio de Ambiente, en colaboración con los Sistemas de Recolección y Gestión (SR&G) y los Gestores Ambientales. Estas entidades deberán establecer un sistema de reporte periódico que evalúe los indicadores fijados y compartirlos con los demás miembros de la Red y ante el Comité Nacional de RAEE para ajustar las estrategias en función de los datos recopilados.

Toma de decisiones

Las decisiones dentro del comité deben tomarse bajo un enfoque basado en consenso, pero con un sistema estructurado que tome en consideración las opiniones de los representantes de los diferentes sectores. Las decisiones se formalizarán a través de comunicaciones internas, y los proyectos

deberán ser aprobados por mayoría simple, con mecanismos para dirimir conflictos mediante comités técnicos especializados.

Mecanismos de evaluación y ajuste

El comité deberá reunirse al menos trimestralmente para evaluar los avances en la implementación de las recomendaciones, utilizando los indicadores de gestión como referencia. Además, cada actor tendrá la obligación de presentar informes sobre sus actividades específicas, garantizando la transparencia y rendición de cuentas.

El éxito del modelo de gobernanza dependerá de la colaboración efectiva entre los actores, la implementación de decisiones basadas en evidencia científica y la alineación de los objetivos individuales con el bien común del sistema de gestión de baterías de litio en el país.

5. Referencias

1. **Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, ANLA.** Informe de gestión 2024. **METAREP** (<https://www.anla.gov.co/metarep>)
2. **Alessia, A. (2021).** Challenges for sustainable lithium supply: A critical review. *Journal of Cleaner Production*, 300. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126954>
3. **Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2024).** Propuesta de marco regulatorio para baterías fuera de uso provenientes de la electromovilidad. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/fe6b5ef2-a00a-48f6-97e2-866faee8cd38/content>
4. **Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2024).** Gestión integral de las baterías fuera de uso de vehículos eléctricos en el marco de una estrategia de economía circular. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/48838-gestion-integral-baterias-fuera-uso-vehiculos-electricos-marco-estrategia>
5. **Helbig, C., & Hillenbrand, M. (2024).** Principles of a Circular Economy for Batteries. In *Emerging Battery Technologies to Boost the Clean Energy Transition: Cost, Sustainability, and Performance Analysis* (pp. 13 – 25). Springer International Publishing. <https://link.springer.com/10.1007/978-3-031-48359-2>
6. **IEA. (2024).** Global Critical Minerals Outlook 2024 (Critical Minerals, p. 282). International Energy Agency. <https://origin.iea.org/reports/global-critical-minerals-outlook-2024>
7. **IEA. (2024).** Recycling of Critical Minerals 2024 (p.8 – 14). International Energy Agency. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/3af7fda6-8fd9-46b7-bede-395f7f8f9943/RecyclingofCriticalMinerals.pdf>
8. **López Hernández, V., Hilbert, I., Gascón Castellero, L., Manhart, A., García, D., Nkongdem, B., Dumitrescu, R., Sucre, C. G., & Ferreira Herrera, C. (2024).** Reciclaje y reúso de baterías de litio en América Latina y el Caribe: Revisión analítica de prácticas globales y regionales. *Inter-American Development Bank*. <https://doi.org/10.18235/0005660>
9. **Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Escobar Ocampo, D., Camacho Lozano, Á. E., Böni, H., Hernández Santana, C. A., & Ortiz, O. C. (2023).** Guía Técnica para la gestión integral de los RAEE 2023. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
10. **Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Transporte, & Ministerio de Minas. (2019).** Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica.
11. **Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible,** Resolución 851 de 2022
12. **Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, (2019).** Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC).

13. **Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2023).** *Informe de evaluación primer quinquenio política RAEE 2023.*

14. **Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2023).** Política nacional para la gestión in-tegral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE).

15. **Ministerio de Transporte,** Decreto 1079 de 2015 único reglamentario del sector transporte

16. **Ministerio de Salud de Costa Rica, Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica, Agencia Francesa de Desarrollo, Asociación Costa Rica por siempre. (2022).** Hoja de ruta para la gestión eficiente y ambiental de las baterías de los vehículos eléctricos en Costa Rica

17. **TUMI E-Bus Mission. (2022).** Deep Dive City Bogotá Colombia. Deutsche Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
https://transformative-mobility.org/wp-content/uploads/2023/03/Factsheet_Bogota-brYrL8.pdf

Recomendaciones para una Estrategia Sectorial para la Gestión de Baterías Usadas de Ion-Litio en Colombia

