

Estudio de prefactibilidad sobre la implementación del uso de baterías de litio para equipos eléctricos de manejo de materiales en el sector logística

Elizabeth López Vásquez

Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título de Magíster en Gerencia de proyectos

Asesor:

John Miguel Benjumea

Medellín

Universidad EAFIT

Escuela de Administración

Maestría en Gerencia de Proyectos

2020

RESUMEN

Dada la nueva filosofía económica en la cual las empresas empiezan a tomar acciones enmarcadas dentro de la sostenibilidad para obtener ventajas competitivas, se planteó el análisis de prefactibilidad de la implementación de baterías de litio, en reemplazo de las baterías de ácido-plomo para equipos eléctricos de manejo de materiales en la logística, esto debido a las problemáticas actuales que presenta en términos de costos de mantenimiento, metodología de carga, vida útil, emisión de gases, infraestructura y eficiencia energética. Para lograr conclusiones que permitan determinar si se implementa o no la tecnología en la logística, se utilizó la metodología ONUDI para establecer los análisis: financiero, de mercado, ambiental, de riesgos, técnico y de condiciones políticas y legales para la implementación de la tecnología.

Palabras Clave: Baterías, montacargas, estibadores, logística, prefactibilidad, proyecto,

Abstract:

Given the new economic philosophy in which companies begin to take actions framed within sustainability to obtain competitive advantages, the prefeasibility analysis of the implementation of lithium batteries in replacement of lead-acid batteries for equipment of Material handling in logistics due to the current problems it presents in terms of maintenance costs, load methodology, useful life, gas emission, infrastructure and energy efficiency. To

reach conclusions that allow to determine whether or not the technology is implemented in logistics, the UNIDO methodology was used to establish the financial, market, environmental, risk, technical and political and legal conditions analysis for the implementation of the technology.

Key Words: Lithium batteries, Lead acid batteries, material handling equipment, prefeasibility

Contenido

RESUMEN	2
Tabla de Gráficos	6
Tabla de Imágenes	7
Índice de Tablas	8
1. Formulación y descripción del problema u oportunidad.....	9
1.1. Planteamiento del problema.....	9
1.2. Título del trabajo.....	9
1.3. Objetivos	10
1.3.1. Objetivo general.....	10
1.3.2. Objetivos específicos	10
1.3.2.1. Realizar un estudio sobre la situación actual del mercado del litio a nivel mundial..	10
1.4. Marco de referencia conceptual	10
1.5. Metodología de investigación a utilizar	17
1.6. Concepción de la idea del proyecto	18
1.6.1. Breve descripción del proyecto.....	18
1.6.2. Aspectos que motivaron la idea de realizar el proyecto.....	19
1.6.2.1 Análisis de involucrados/Interesados	19
1.6.2.2. Árbol de problemas.....	23
1.6.2.3. Métodos de solución	24
2. Estudio del entorno, análisis sectorial y estratégico.....	25
2.1. Macroentorno.....	25
2.2. Situación de estudio	26
2.3. Análisis de cadenas de valor relacionadas:	34
2.4. Análisis estratégico	36
3. Estudio de mercado del proyecto.....	39
3.1. Producto	39
3.1.1. Identificación del bien o del servicio:	39
3.1.2. Descripción de las características del B/S en función del mercado	39
3.1.3. Existencia o posibilidad de desarrollo de productos sustitutos o similares.....	41
3.1.4. Productos complementarios	42

3.2.	Demanda del Sector logístico	44
3.3.	Oferta de equipos de manejo de materiales.....	54
3.4.	Precio de montacargas	55
3.5.	Comercialización	57
3.5.1.	Distribución geográfica del mercado (demanda)	57
3.5.2.	Distribución geográfica del mercado (Oferta)	58
3.5.3.	Canales de distribución actuales y posibilidad de otros canales	63
3.5.4.	Condiciones de venta y sistemas de crédito.....	63
3.6.	Estudio de materias primas	65
3.6.1.	Demanda de litio	65
3.6.1.1.	Oferta de litio	72
3.6.1.2.	Precio del litio	80
3.6.1.3.	Fabricación de baterías de litio	83
4.	Estudio técnico del proyecto	85
4.1.	Consideraciones técnicas de las baterías de litio en equipos eléctricos de manejo de materiales	85
4.2.	Estudio de impacto ambiental de baterías de litio.....	93
4.3.	Políticas y condiciones legales para la implementación del uso de baterías de litio en Colombia.....	97
5.	Análisis financiero	102
5.1.	Resultado del análisis financiero de la implementación de las baterías de litio vs baterías de ácido-plomo.....	102
5.2.	Análisis de riesgos	105
6.	Conclusiones	115
	BIBLIOGRAFÍA	118

Tabla de Gráficos

Gráfico 1. Distribución geográfica del sector	45
Gráfico 2. Distribución de las empresas por actividad económica	45
Gráfico 3. Distribución de las empresas por tamaño	46
Gráfico 4. Distribución de las empresas por tamaño y actividad económica.....	46
Gráfico 5. Distribución de empresas en Colombia dedicadas al almacenamiento y depósito	47
Gráfico 6 Componentes del costo logístico por tamaño	48
Gráfico 7 Porcentaje de empresas que cuentan con flota propia por actividad económica	50
Gráfico 8 Porcentaje de empresas que han implementado acciones de logística verde y sus niveles de implementación	51
Gráfico 9 Porcentaje de empresas que han implementado acciones de innovación en logística	52
Gráfico 10 Porcentaje y acciones de innovación logística.....	53
Gráfico 11 Demanda de Litio en 2011: 115.000-130.000 MT LCE.....	66
Gráfico 12 Producción de Baterías por año y país.....	67
Gráfico 13 Demanda de baterías por año.....	68
Gráfico 14 Intensidad del litio en diferentes tipos de baterías, en Kg/kWh.....	71
Gráfico 15 Reservas de Litio de Salmuera.....	73
Gráfico 16 Reservas de Litio en total.....	74
Gráfico 17 Nivel de madurez de las baterías	79
Gráfico 18 Precio por tonelada de litio	81
Gráfico 19 Producción de vehículos eléctricos y demanda de litio para baterías eléctricas	82
Gráfico 20 Proyección de la demanda de litio	83
Gráfico 21 Correlación entre las inversiones mineras y los conflictos socioambientales.....	110
Gráfico 22 Valor esperado de los riesgos identificados según simulación	112
Gráfico 23. VPN Risk	114
Gráfico 24. Matriz de frecuencias	115

Tabla de Imágenes

Imagen 1 Desarrollo de referencia conceptual.....	11
Imagen 2 Árbol de problemas.....	23
Imagen 3. Métodos de solución.....	24
Imagen 4. Alternativas para la solución del problema.....	24
Imagen 5 Modelo apilador eléctrico- Toyota BTW SWE 120.....	25
Imagen 6 Ciclo de producción y adquisición de baterías y montacargas.....	34
Imagen 7 Comparación de actividades e impactados.....	35
Imagen 8 Cadenas de valor asociadas.....	35
Imagen 9 Productos complementarios de los montacargas.....	42
Imagen 10 Distribución de empresas en Colombia dedicadas al almacenamiento y depósito.....	57
Imagen 11 Presencia de Distoyota Colombia.....	58
Imagen 12 Presencia de Jungheinrich Colombia.....	59
Imagen 13 Presencia de Royal América en Colombia.....	60
Imagen 14 Presencia en Colombia de Derco.....	60
Imagen 15 Presencia de Unimaq.....	61
Imagen 16 Presencia de McCallister.....	62
Imagen 17 Principales mercados (motivantes de demanda de baterías).....	69
Imagen 18 Geometrías más habituales de las baterías de ion-litio.....	85
Imagen 19 Proceso de fabricación de montacargas y baterías.....	85
Imagen 20 Proceso de producción de carbonato de litio.....	86
Imagen 21 Cadena de valor del litio.....	87
Imagen 22 El caso del Galaxy Note 7 como ejemplo.....	106

Índice de Tablas

Tabla 1. Análisis de involucrados/interesados e intereses	19
Tabla 2. Involucrados y estrategias para abordar sus intereses	21
Tabla 3. Clasificación CIIU	26
Tabla 4. Matriz DOFA	36
Tabla 5. Combinación DOFA y estrategias	37
Tabla 6. Precios de montacargas usado (Mercado Libre, 2020)	56
Tabla 7. Tipos de batería de ion- litio	71
Tabla 8. Matriz comparativa entre políticas de España y Colombia.....	100
Tabla 9. Datos para cálculo financiero.....	102
Tabla 10. Escenarios comparativos baterías ácido plomo vs baterías litio.	103
Tabla 11. Matriz de Riesgos	111
Tabla 12. Flujo de caja probabilístico	113

1. Formulación y descripción del problema u oportunidad

1.1. Planteamiento del problema

Dada la filosofía económica del mercado dentro de la cual es necesario operar de manera sostenible, es decir, siendo conscientes del ecosistema en el que se desenvuelve, el desarrollo de la operación logística debe tener el menor impacto ambiental posible. Lo anterior quiere decir que el sector debe buscar alternativas operativas que generen la mejor combinación en términos de costo-eficiencia-impacto ambiental.

Dentro de los activos utilizados en el sector logístico para realizar movimientos de mercancías se encuentran los equipos eléctricos de manejo de materiales (montacargas y estibadores) que utilizan baterías para su tracción. El mayor avance en esta tecnología ha sido la implementación de baterías de Litio en reemplazo de las de ácido-plomo, pero se requiere conocer las condiciones técnicas, ambientales, financieras, de riesgos y legales que implicaría su implementación en la logística colombiana.

1.2. Título del trabajo

Estudio de prefactibilidad sobre la implementación del uso de baterías de litio para equipos eléctricos de manejo de materiales en el sector de logística

1.3.Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Realizar un estudio de pre factibilidad que permita determinar el uso de baterías de litio para equipos eléctricos de manejo de materiales en el sector de logística.

1.3.2. Objetivos específicos

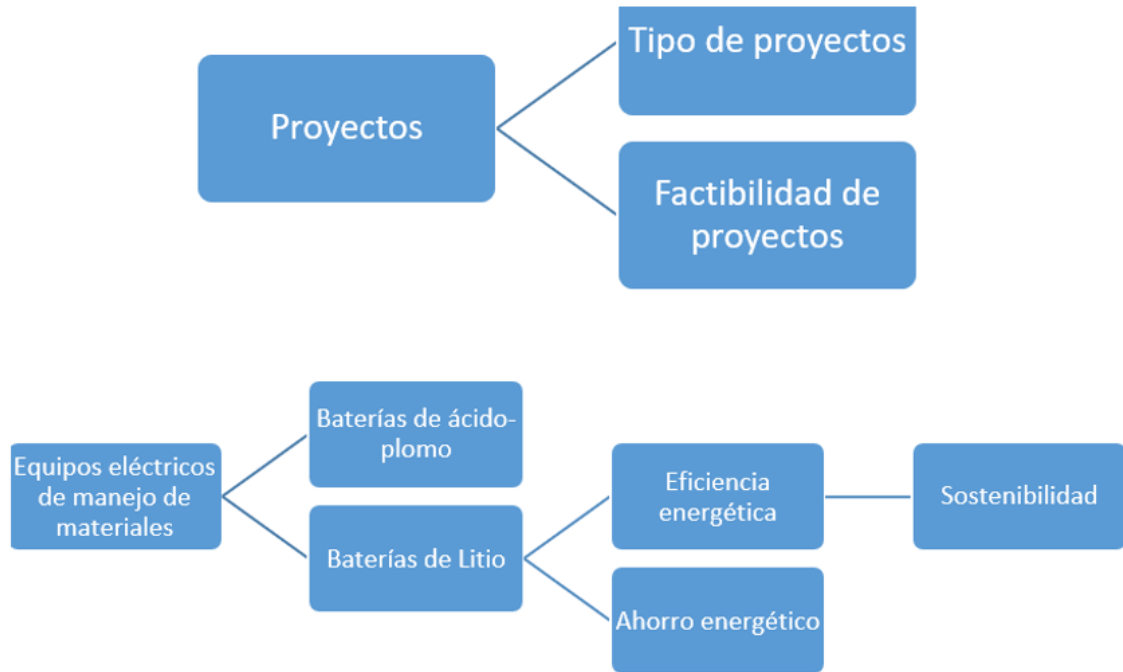
- 1.3.2.1.Realizar un estudio sobre la situación actual del mercado del litio a nivel mundial.
- 1.3.2.2.Establecer los criterios técnicos necesarios para la implementación de baterías de litio en equipos eléctricos de manejo de materiales.
- 1.3.2.3.Realizar un análisis sobre el impacto ambiental de la implementación de baterías de litio en equipos eléctricos de manejo de materiales.
- 1.3.2.4.Determinar las consideraciones políticas y las condiciones legales para la implementación del uso de baterías de litio en Colombia
- 1.3.2.5.Realizar una evaluación que permita determinar la viabilidad financiera sobre el uso de baterías de litio vs las baterías de ácido-plomo en equipos eléctricos de manejo de materiales.
- 1.3.2.6.Elaborar un análisis de riesgos que permita identificar y cuantificar las variables asociadas al proyecto.

1.4.Marco de referencia conceptual

En esta sección se elabora una revisión bibliográfica de los conceptos generales a partir de los cuales se sustenta el análisis de la situación problema del presente trabajo de grado, considerando necesario aclarar los conceptos: proyecto, tipos de proyectos, factibilidad, equipos eléctricos de manejo de materiales, litio, baterías de ácido-plomo, eficiencia energética y sostenibilidad para poner en contexto al lector.

En términos gráficos, el desarrollo de conceptos se elabora con la siguiente lógica:

Imagen 1 Desarrollo de referencia conceptual



Fuente: Elaboración propia

1.4.1. **Proyecto:** Según el PMBOK es “esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único” (Project Management Institute, Inc., 2017, pág. 721)

1.4.2. **Tipo de proyectos:** Para Murcia, Díaz, Medellín (2009), existen diferentes tipologías de proyectos, de acuerdo a su origen:

- De acuerdo con el tiempo:
 - Tiempo de ejecución
 - Tiempo de aprovechamiento
 - Corto plazo

- Largo plazo
- De acuerdo con el sector productivo:
 - Agropecuarios
 - Industriales
 - Infraestructura social
 - Infraestructura económica
 - Servicios
- De acuerdo con el tipo de bien:
 - Bienes
 - Servicios
- De acuerdo con el destino:
 - Privados
 - Sociales
- De acuerdo con el grado de dependencia:
 - Independientes
 - Complementarios
 - Sustitutos
- De acuerdo con el tipo de inversión:
 - De modernización
 - De reposición
 - De expansión
 - De carácter estratégico (Pp. 18-22).

1.4.3. Factibilidad: (Murcia et al., 2009) lo explican con las siguientes etapas:

- Detección de necesidades
- Definición del problema
- Búsqueda de información
- Generación de soluciones
- Evaluación tecnológica
- Evaluación económica
- Evaluación financiera (P. 9).

1.4.4. Equipos eléctricos de manejo de materiales (montacargas): Según la (Ruiz, 2018), estos son:

Vehículos de transporte pesado que se usan principalmente para movilizar, remolcar, empujar, apilar, subir o bajar distintos objetos y elementos de forma vertical. Funcionan con dos pesos que se contraponen entre sí en los lados opuestos del punto de giro. De esta manera, la carga transportada se mantiene balanceada y estable por un centro de gravedad que está en todas las direcciones.

1.4.5. Litio: (Gallos, 2018) lo muestra como:

El litio es un elemento estratégico por su escasez en la corteza terrestre y sus propiedades como el ser el metal más ligero que existe, ser blando, tener bajo punto de fusión, alto calor específico, alta conductividad térmica y eléctrica, baja densidad y ser muy electropositivo (P.173).

(Aguilar & Zeller, 2012) lo definen como:

Viene del griego líthos que significa piedra. Es un metal blando que se oxida rápidamente con agua o con aire como casi todos los metales alcalinos. Entre los metales sólidos es el más ligero con una densidad exactamente igual a la mitad del agua. El litio existe en formas distintas de yacimiento, y también se encuentra en los minerales amblygonita, lepidolita, petalita y espodumeno; o en salmueras naturales (P. 8).

Para (Bertone, 2012):

El litio (Li) es un mineral liviano utilizado hasta hace poco en pequeñas cantidades por los fabricantes de vidrio, cerámicas, grasas lubricantes y fármacos estabilizadores del estado de ánimo. Sin embargo, debido a su creciente uso para almacenar energía en baterías de teléfonos, cámaras de fotos, notebooks, y fundamentalmente automóviles y la gran preocupación mundial por dejar de depender de energías fósiles, se ha convertido en los últimos años en uno de los minerales de mayor interés para el sector extractivo (Pág. 89).

1.4.6. Ácido-plomo: (Hamel, 2011) lo explica como:

La batería de Pb-ácido es la más utilizada en la industria automotriz; se puede representar como: $Pb(s) / PbSO_4(s) / H_2SO_4(ac) / PbSO_4(s) / PbO_2(s) / Pb(s)$ Las reacciones electroquímicas que se desarrollan son las siguientes: $Pb(s) + PbO_2(s) + H_2SO_4(ac) \rightleftharpoons 2 PbSO_4(s) + 2 H_2O(l)$ El electrodo Negativo es el plomo y el Positivo, el óxido de plomo PbO_2 , sumergidos en una solución acuosa de ácido sulfúrico. La construcción de las baterías comerciales se realiza disponiendo en

forma alterna placas positivas y negativas en varias celdas de plástico, conectadas en serie para proporcionar mayor voltaje (p. 43).

1.4.7. Ahorro energético: Como nos dice (Machado, 2010):

El ahorro de energía se define como el dejar de consumir una potencia demandada requerida para cualquier trabajo en determinado tiempo, un ejemplo claro de ahorro de energía es no trabajar la planta x de la compañía A los días domingos, esto es ahorro de energía mas no quiere decir que es eficiencia energética porque no se está produciendo (p.109).

1.4.8. Eficiencia energética: (Machado, 2010) lo define como:

Mientras que la eficiencia energética de un proceso, máquina etc., se define como la menor relación entre KW_h y unidad de producto, en la definición básica de eficiencia, lo que entra debe ser igual a lo que sale, es decir, se deben tener las menores perdidas posibles. Cuando se alcanza una mayor eficiencia energética en un proceso productivo, se está también ahorrando energía, como ejemplo de ilustración la empresa A en la planta x tiene un indicador de consumo específico de 7KW_h/m³ y por acciones que llevaron a disminuir esa relación lograron un consumo específico de 4KW_h /m³, es importante que en las empresas aprendan a diferenciar entre ahorro de energía y eficiencia energética (p.109).

1.4.9. Sostenibilidad:

Acciona la define como:

Sostenibilidad es asumir que la naturaleza y el medio ambiente no son una fuente inagotable de recursos, siendo necesario su protección y uso racional. Sostenibilidad es promover el desarrollo social buscando la cohesión entre comunidades y culturas para alcanzar niveles satisfactorios en la calidad de vida, sanidad y educación. En tercer lugar, sostenibilidad es promover un crecimiento económico que genere riqueza equitativa para todos sin dañar el medio ambiente (Acciona, 2019).

(Uribe-Macías, Vargas-Moreno, & Merchán-Paredes, 2018), haciendo referencia a Barcellos explican que “una empresa sostenible es aquella que genera valor económico, ambiental y social a mediano y largo plazo, contribuyendo de esa forma al aumento del bienestar y al auténtico progreso de las generaciones presentes y futuras, en su entorno general.” (P. 56)

(Archibold Barrios, Aguilera Villafañe, & Escobar Castillo, 2017) haciendo referencia a Smith lo enfocan a partir:

De su teoría económica que la participación del Estado debe ser limitada debido a que el mercado se rige por una fuerza invisible (ley de oferta y demanda). Este escenario obliga a las empresas a convertirse en organizaciones sostenibles a nivel económico, social y ambiental, con el fin último de permanecer competitivas en el mercado (P. 82).

Por otra parte, (Vargas-Chávez & Marrugo-Salas, 2015) resaltan:

Hay que tener presente que la manera de ser responsable no implica dejar de obtener beneficios económicos, esto es una percepción errónea; justamente se trata de mejorar la forma de hacer empresa, sin dejar de lado su objeto social puesto que muchas empresas en dicha búsqueda se desvían del propósito inicial. En el fondo, insistimos, se trata de explotar la función social de las organizaciones mediante la innovación constante y la mejora continua de sus procesos empresariales (P.45).

A la fecha no se han encontrado estudios a nivel nacional ni internacional de la aplicación mencionada como título del proyecto, es decir, como estudio de prefactibilidad sobre la implementación del uso de baterías de litio para equipos eléctricos de manejo de materiales en el sector logística

1.5. Metodología de investigación a utilizar

Para el presente trabajo se evaluará la alternativa de solución relacionada con el uso de baterías de Litio en equipos de manejo de materiales eléctricos aplicado en la logística, utilizando la metodología de análisis de viabilidad de los proyectos propuesta por ONUDI que incluye: análisis financiero, técnico, social, riesgos y ambiental

En el análisis financiero se utilizará la metodología de flujos de caja futuro para determinar la VPN y TIR que se obtendrían en el ejercicio de la implementación de

las baterías de litio y se realizará un comparativo frente al uso de baterías de ácido-plomo.

Para obtener los resultados esperados en los términos técnicos, social y ambiental, esta propuesta recurrirá a las fuentes documentales disponibles en las bases de datos a las cuales está inscrita la Universidad EAFIT y se reforzará con el conocimiento del mercado de los expertos que han desarrollado el discernimiento sobre el status del mercado aplicado en la logística. Del mismo modo, se utilizarán fuentes documentales como videos, revistas, foros y demás disponibles que permitan concluir la viabilidad del proyecto.

Para la evaluación de riesgos se recurrirá a documentaciones de las aplicaciones de la tecnología en sectores similares que permitan concluir aproximaciones en el sector logístico.

1.6. Concepción de la idea del proyecto

1.6.1. Breve descripción del proyecto

El presente proyecto se enmarca dentro de Colombia, en el sector logístico privado, haciendo énfasis sobre el uso de las baterías de litio para equipos eléctricos de manejo de materiales como alternativa existente a nivel mundial, pero en una etapa de introducción en el mercado local, en donde es predominante el uso de baterías de ácido-plomo.

El foco de investigación busca concluir desde el entorno, mercado, capacidad técnica, aspectos legales y el estudio económico- financiero, la viabilidad de realizar el cambio de las baterías de ácido-plomo hacia las de litio como avance tecnológico y ambiental en la logística.

1.6.2. Aspectos que motivaron la idea de realizar el proyecto

Considerando la anterior introducción, se presenta a continuación la situación actual que motivó la necesidad de realizar el proyecto:

1.6.2.1 Análisis de involucrados/Interesados

Tabla 1. Análisis de involucrados/interesados e intereses

Grupos	Intereses	Problemas Percibidos	Mandatos y recursos
Área de Sostenibilidad	Implementar estrategias que disminuyan las emisiones generadas de CO2 en la operación logística	Políticas públicas que incentiven la inversión en energías alternativas	Alianzas con sectores públicos Publicación en Dow Jones
Área de Impuestos	Beneficios tributarios de la implementación de alternativas que disminuyan la emisión de CO2	Falta de políticas tributarias claras que permitan percibir beneficios de la inversión en alternativas energéticas emergentes	Beneficios tributarios

Área que realiza pago de Servicios públicos	Disminuir los gastos de servicios públicos	Medición de KW consumidos exclusivamente en la operación de carga de equipos eléctricos de manejo de materiales	Reflejo en menor gasto de consumo energético
Área de Infraestructura logística	Optimizar el espacio en los centros de distribución: Posiciones de estibas disponibles/M2 totales pagados	M2 disponibles para operación logística	Disminuir espacio consumido en los centros de distribución para actividades diferentes a los Core (recibo, almacenamiento, destelle, embarque)
Operación logística	Enfocarse en actividades Core de logística	Se requiere administrar actividades de soporte, entre las cuales se incluyen la administración de la flota de equipos y sus requerimientos operativos	Disminuir actividades de soporte de la operación logística
Área de Seguridad y Salud en el trabajo	Disminuir los riesgos que atente sobre la vida y salud de los empleados montacarguistas	Existen riesgos en las operaciones de cargue, descargue y cambios de baterías de los equipos	Proteger la vida y salud de los empleados montacarguistas
Financiera	Optimizar la inversión en los activos requeridos para la operación y disminuir los gastos	El capital financiero se debe distribuir entre los requerimientos operativos y los estratégicos	Realizar inversiones cuyo retorno sea el mayor posible
Ministerio de Ambiente	Incentivar acciones que disminuyan el impacto sobre el medio ambiente	Cambio climático y aumento de CO2	Disminuir la emisión de CO2 resultante de actividades operativas
Proveedores de montacargas	Ser líderes del mercado de montacargas del sector logística	Recurrencia en la compra de montacargas debido a su vida útil larga Disponibilidad de operadores logísticos que requieran	Tecnología, importación y desarrollo de tecnologías para montacargas

		montacargas para su operación	
Proveedores de Baterías	Ser líderes del mercado de baterías en el sector logística	La implementación del litio les quitaría mercado porque las baterías vienen equipadas con los montacargas	Capacidad operativa de baterías de ácido-plomo durante todo su ciclo de vida
Proveedores de cargadores	Ser líderes del mercado de Cargadores en el sector logística	La implementación del litio les quitaría mercado porque las baterías vienen equipadas con los montacargas	Capacidad operativa para entregar cargadores para baterías de ácido-plomo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Involucrados y estrategias para abordar sus intereses

Grupos	Estrategias
Área de Sostenibilidad	Evaluar las ventajas ambientales que tiene la implementación de baterías de Litio sobre las de ácido-plomo. Estas ventajas pueden ser objeto de calificación en el índice Dow Jones.
Área de Impuestos	Investigar y realizar trámite de solicitud de beneficios tributarios de la implementación de alternativas que disminuyan la emisión de CO2.

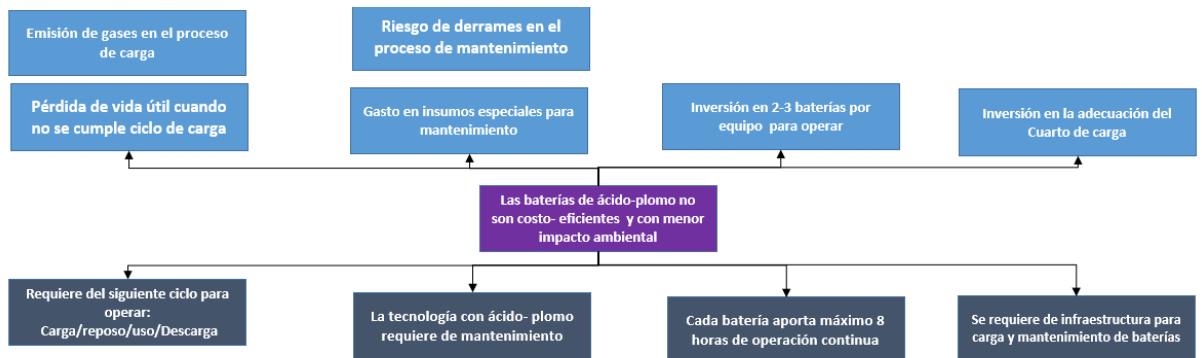
Área que realiza pago de Servicios públicos	Realizar medición del consumo actual de las baterías de ácido-plomo e investigar consumo futuro con baterías de litio para percibir ahorros.
Área de Infraestructura logística	Identificar espacio actual destinado al cuarto de carga de baterías y establecer requerimientos funcionales para carga de litio (puede generar adecuaciones de puntos de carga nuevos distribuidos en la bodega).
Operación logística	Presentar ahorros operativos en tiempo, mantenimiento, servicios públicos y espacio con la implementación del litio.
Área de Seguridad y Salud en el trabajo	Presentar eliminación de riesgo del intercambio de baterías y compararlo frente a los riesgos evidenciados de la implementación de litio.
Financiera	Optimizar la inversión en los activos y disminuir los gastos operativos.
Ministerio de ambiente	Realizar acercamientos con el Ministerio de ambiente para establecer estrategias gobierno-empresa que permitan implementar nuevas tecnologías amigables con el medio ambiente.
Proveedores de montacargas	Generar planes colaborativos con los proveedores de montacargas que tengan disponible la tecnología de litio para garantizar beneficios para ambos.

<p>Proveedores de Baterías</p>	<p>Generar planes colaborativos para realizar recogida de las baterías actuales de ácido-plomo en su estado actual, en caso tal de que el litio demuestre mayor beneficio que la tecnología actual.</p>
<p>Proveedores de cargadores</p>	<p>Generar planes colaborativos para realizar recogida de los cargadores actuales (incluidos los de alta frecuencia) en su estado actual, en caso tal de que el litio demuestre mayor beneficio que la tecnología actual.</p>

Fuente: Elaboración propia

1.6.2.2.Árbol de problemas

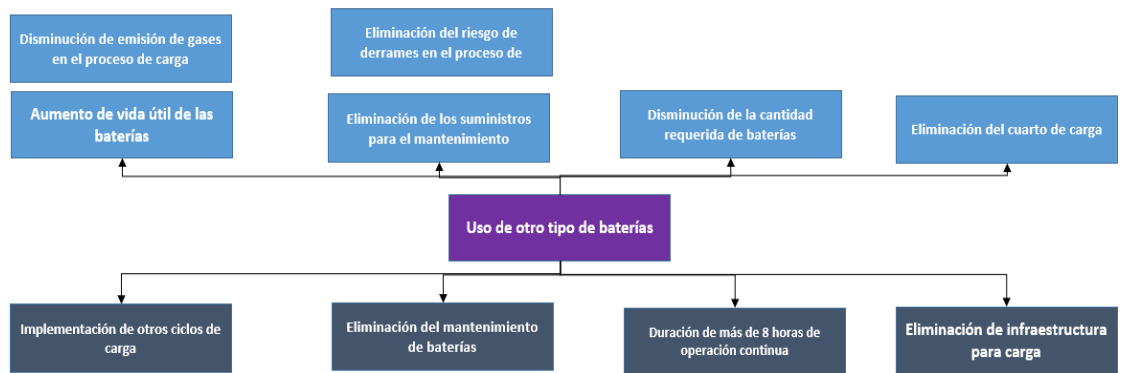
Imagen 2 Árbol de problemas



Fuente: Elaboración propia

1.6.2.3.Métodos de solución

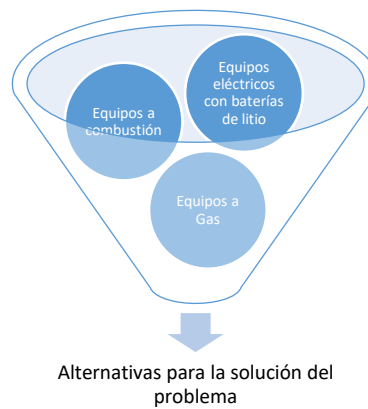
Imagen 3. Métodos de solución



Fuente: Elaboración propia

Para los anteriores problemas, se identifican las siguientes alternativas disponibles en el mercado colombiano para atender las necesidades de la operación logística:

Imagen 4. Alternativas para la solución del problema.



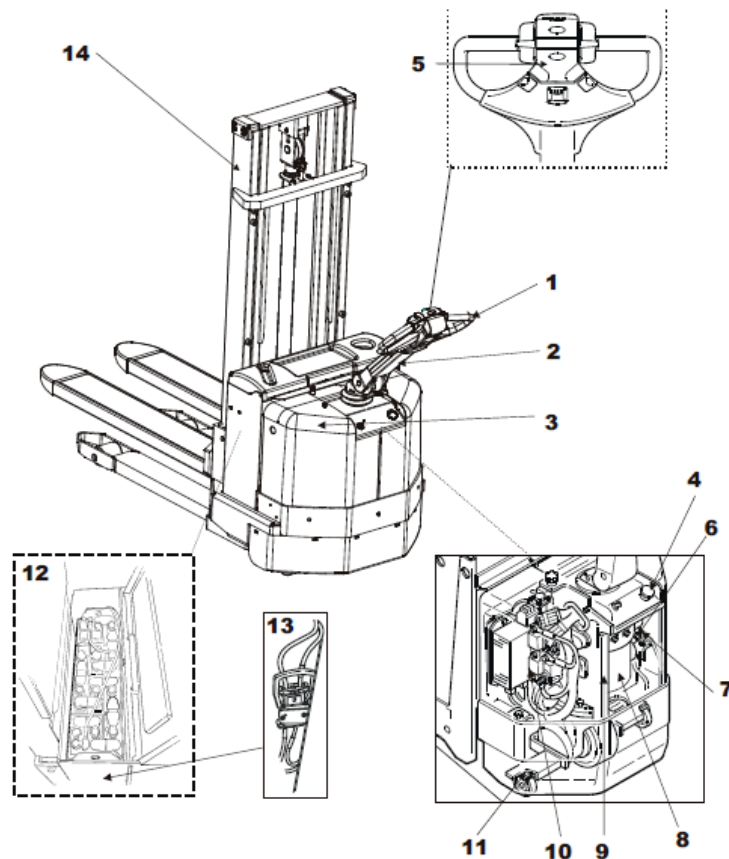
Fuente: Elaboración propia

2. Estudio del entorno, análisis sectorial y estratégico

2.1. Macroentorno

Los equipos montacargas vienen compuestos por dos partes fundamentales: el cuerpo y su motor de tracción (gas, combustión, eléctrico). A manera de ejemplo, se muestra el plano de un apilador eléctrico para evidenciar las partes:

Imagen 5 Modelo apilador eléctrico- Toyota BTW SWE 120



Fuente: Adaptado de *Apilador eléctrico BT SWE120* [Figura], por Tecnodelsa, 2020, (<https://www.tecnodelsa.com/tag/apilador/>).

Para el caso de los equipos eléctricos cuyas baterías son de litio, éstas vienen incorporadas al cuerpo, es decir, no son removibles; por ello, durante el desarrollo de este capítulo se tomarán en cuenta dos mercados para el análisis: la fabricación de los equipos eléctricos de manejo de materiales y la fabricación de baterías de litio, clasificados en las siguientes actividades económicas.

Clasificación CIU:

Tabla 3. Clasificación CIU

Código CIU	Descripción
2720	Fabricación de pilas, baterías y acumuladores eléctricos
2816	Fabricación de equipo de elevación y manipulación
3099	Fabricación de otros tipos de equipo de transporte n.c. p.

Fuente: (Cámara de Comercio de Bogotá, 2020)

2.2. Situación de estudio

“Actualmente, las baterías de ion-litio son las de menor costo y mayor eficiencia, permitiendo su aplicación a modo piloto en numerosos proyectos”. (Kazimierski, 2018, pág. 117)

Las aplicaciones de este tipo de baterías se han visto principalmente en vehículos como en bicicletas, carros, camiones y en este mercado:

Está claro que ningún fabricante ha podido introducir al mercado modelos con la suficiente autonomía en el modo eléctrico como para enfrentar de igual a igual a cualquier vehículo a combustión interna, a lo que los consumidores reaccionaron con una demanda más bien moderada (Kazimierski, 2018, pág. 122).

Sin embargo, esto no ha impedido que los fabricantes sigan desarrollando esta tecnología, por ejemplo:

“Tesla anunció en el 2017 la apertura de su Giga Factory, dedicada a la producción de baterías ion-litio con una capacidad de 35 GWh a nivel de celdas de baterías y de 50 GWh a nivel de paquetes de baterías (Ámbito, 2017)

[...]En este sentido, el fuerte incremento reciente en las ventas puede explicarse por la disminución sustancial en el coste total y en el de las baterías de ion-litio en particular. El gráfico 7 muestra el brusco descenso del costo de las baterías para vehículos desde 2010. Se considera que cada vehículo eléctrico necesita entre 9 y 15 kg (kilogramos) de litio mineral, donde la batería representa un tercio del valor total. A pesar que el valor de la tonelada de litio ha crecido de los 6.000 dólares en 2010 a los 9.000 actuales (Fornillo, 2015), los costes en baterías han caído un 65 %, llegando a los 300 dólares por kilovatio hora en 2015” (Kazimierski, 2018, p.p. 122-123)

De forma complementaria a su eficiencia en costos, como lo menciona (Fornillo, 2018):

El litio se presenta como un material que transforma la forma tradicional del abastecimiento energético a través de combustibles fósiles. Sus principales reservas se encuentran en el denominado “triángulo del litio”, compuesto por Argentina, Bolivia y Chile quienes poseen el 80% de las reservas de este material. Sin embargo, la transición hacia nuevos modelos energéticos plantea nuevas formas de explotación y manejo de los recursos naturales (p. 181- 182).

El litio posee características que hacen de él un material imprescindible para la tecnología actual, pues como lo dice (Gallosa, 2018):

Es un elemento estratégico por su escasez en la corteza terrestre y sus propiedades como el ser el metal más ligero que existe, ser blando, tener bajo punto de fusión, alto calor específico, alta conductividad térmica y eléctrica, baja densidad y ser muy electropositivo. Por esta última propiedad el litio no está como litio metálico en la naturaleza sino como Li^+ en algunos silicatos, fluoro silicatos, aluminosilicatos, fosfatos, haluros y boratos. También está presente en salmueras, aguas termales y agua de mar (P. 173)

Se debe considerar que las baterías de Litio tienen otros componentes para su fabricación, como lo especifica (Lomiko Metals Inc, 2018).

“Lleva 10-15 veces más grafito que litio para crear una batería de ion-litio para una variedad de usos, incluyendo las baterías para vehículos eléctricos. El analista líder Industrial Minerals indicó que los proveedores chinos de grafito para el mercado de vehículos eléctricos tienen las existencias de material ‘agotadas’, lo que indica que es posible que ocurra el acopio de existencias”, afirma A. Paul Gill, presidente de Lomiko Metals Inc. (P. 1)”.

De forma orgánica, para la habilitación de la implementación de esta tecnología deben existir políticas públicas en cuanto al uso de las mismas. A su vez, deben existir marcos normativos y perspectivas del sector energético que velen por la eficiencia y protección del ecosistema en que se desarrolla. En este punto, (Sánchez, Vásquez, & Vilorio, 2018) nos muestra un contexto latinoamericano en el cual identifica el nivel de adaptación de políticas públicas de los países latinoamericanos dentro de los compromisos COP 21 (Cumbre de París o conferencia de las partes) y concluye:

Las políticas públicas presentes con mayor frecuencia entre los países son el “incremento de la participación de energías renovables” (15/20), “promoción e incremento de la eficiencia energética” (10/20) y “diversificación de la matriz energética” (10/20), lo cual refleja el compromiso de Latinoamérica para generar “energía verde”, lo cual contribuye al control de emisiones de GEI desde importante sector (P.10).

En Colombia, según comenta (Machado, 2010) el mercado energético es “un mercado desregulado y de gran eficiencia en comparación a otros mercados de electricidad a nivel mundial, no existen políticas energéticas claras que definan y que den bases de apoyo a las inversiones de proyectos URE (Uso Racional de Energía)” (p.107)

Si bien estas políticas en el contexto colombiano no son claras, las empresas, dentro de un contexto de sostenibilidad y como actor clave de la sociedad, más que compensar la huella de carbono por el desarrollo de su actividad productiva, deben generar operaciones sostenibles y con el menor impacto posible sobre el medio ambiente. Al respecto (De Pacheco, 2006) dice “Más aun, ser responsables socialmente implica fomentar ese comportamiento a lo largo de la cadena de valor y con todos los actores afectados por las decisiones de la empresa: clientes, trabajadores, distribuidores, proveedores, accionistas, sociedad y ambiente” (P.47)

En Colombia, el compromiso con la Sostenibilidad tiene una declaración considerable dentro de las empresas pues según el diario La República (Bedoya, 2019) “Colombia está en el top 5 de los países que más reportan Sostenibilidad” haciendo referencia a la cantidad de empresas que reportan bajo la metodología GRI (Global Reporting Initiative), por medio de la cual cada empresa analiza su materialidad individual, es decir, no necesariamente quiere indicar que si reporta informes de sostenibilidad su prioridad esté enfocada en los temas ambientales.

Asimismo, ser sostenibles implica operar en su cadena de valor de manera eficiente para garantizar el máximo rendimiento posible dentro de su actividad económica. Es decir, operar utilizando la menor cantidad de recursos posibles durante todo el ciclo productivo. Quiere decir que abarca todo el ciclo de uso de recursos, incluyendo su disposición final. Al respecto, (Canals-Casals, 2014) proponen varias alternativas para dar “segunda vida” a las baterías y optimizar al máximo el uso de las mismas, proponiendo 6 modelos que maximicen la rentabilidad de las baterías: acumuladores y soporte a la red eléctrica, afianzamiento de las energías renovables, balance de energía en residencias y comercios, sistemas de proyectos aislados, productos portátiles o relativamente ligeros, sistema de carga rápida para otros vehículos eléctricos (P.46-49)

(Koel, 2013) explica: “Para los usuarios de flotas de montacargas, la recarga puede representar tanto como un 10 % del consumo total de electricidad” (P. 57) Bajo esta premisa, en el sector logístico se buscan alternativas que hagan más eficiente su operación, particularmente en lo que refiere a los equipos requeridos para movilizar mercancía dentro de sus instalaciones logísticas. (Anthony, 2018) argumenta “las baterías mejoran directamente la productividad a través de tiempos de funcionamiento y ciclos de vida más largos” (P.21) Es por esto que tiene la necesidad de evaluar si el litio es una alternativa viable para su operación.

Debido a lo anterior, en el sector de logística se hace imperante explorar alternativas que sean más eficientes en términos de costo-beneficio, medido por medio de la productividad generada a través de la especialización en actividades CORE de la logística. Disminuir el tiempo requerido para realizar el ciclo de carga-reposo-uso de las baterías aumentará la disponibilidad de la flota de montacargas en actividades de movimiento de mercancías dentro de la instalación logística, repercutiendo en un mejor indicador de productividad cuando este es medido a través de la relación unidades movilizadas/ horas hombre utilizadas.

Específicamente para los requerimientos de carga de baterías se encuentra la alternativa del litio como elemento eficiente en términos de conductividad térmica y peso del material, sin embargo, aún presenta vacíos en su implementación en el ámbito colombiano referentes a la normatividad, disponibilidad, riesgos, inversión y beneficios tangibles que se desarrollarán en los numerales siguientes.

Actualmente, las baterías que utilizan los equipos eléctricos de manejo de materiales son a base de ácido-plomo y tienen las siguientes condiciones operativas:

- Costos de mantenimiento: actualmente se requieren insumos y personal técnico para ejecutar el mantenimiento de las baterías de ácido-plomo. En primeros análisis, se ha identificado que las baterías de litio no requieren de mantenimiento
- Metodología de carga: actualmente las baterías de ácido-plomo requieren de ciclos de carga, reposo, descarga para su utilización. Se ha identificado que las baterías de litio utilizan “cargas de oportunidad”, es decir, que se pueden

cargar y desconectar en los ciclos de descanso del personal, aumentando la posibilidad del uso de la carga.

- Vida útil: debido a que las baterías de ácido-plomo requieren de ciclos de carga, reposo, descarga, esto implica que se necesitan procedimientos operativos rigurosos para maximizar la vida útil de las baterías. Si no se cumplen estos requerimientos existen pérdidas por el mal uso de las baterías que reducen la vida útil de las mismas, pasando de 5 o 10 años a 3 o 1 año en algunos casos. En las baterías de litio no se requieren de protocolos rigurosos para los ciclos de carga, lo que se traduce en una mejor protección de la vida útil de la batería
- Emisión de gases: en los procedimientos de carga y mantenimiento de baterías se emiten gases y se presentan riesgos de derrame de líquidos. Esto se traduce en riesgos para la salud y para el medio ambiente.
- Infraestructura: para el manejo de baterías de ácido-plomo se requieren adecuaciones en cuartos de carga que cumplan con las especificaciones técnicas para las conexiones, atención de derrames, nivel de pureza del agua, ya que cambia de acuerdo a la región del país.
- Eficiencia energética: debido la filosofía económica de ser “ambientalmente responsables”, se desea adoptar tecnologías que disminuyan la huella de carbono y a su vez disminuyan los costos operativos en su cadena productiva.

2.3. Análisis de cadenas de valor relacionadas:

Según lo que se ha expuesto en los numerales previos, se plantea una cadena de valor identificando los principales actores e impactos relacionados:

Imagen 6 Ciclo de producción y adquisición de baterías y montacargas



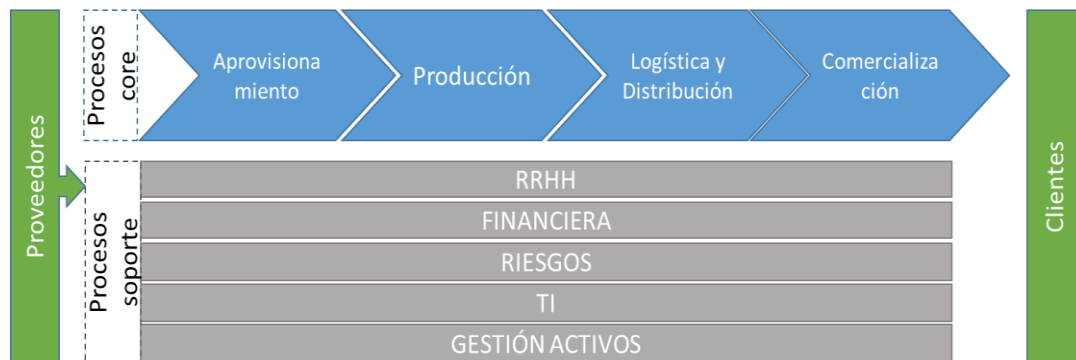
Fuente. Elaboración propia

Imagen 7 Comparación de actividades e impactados

ACTIVIDAD		IMPACTADO
EXTRACCIÓN DEL LITIO Y GRAFITO	●	COMUNIDAD ALREDEDOR DE LAS FUENTES MINERALES
FABRICACIÓN DE BATERÍAS	●	PROVEEDOR DE BATERÍAS
	●	PROVEEDOR DE CARGADORES*
	●	MINAMBIENTE
FABRICACIÓN DE MONTACARGAS	●	PROVEEDOR DE MONTACARGAS
INVERSIÓN EN ACTIVOS	●	FINANCIERA
	●	IMPUESTOS
OPERACIÓN LOGÍSTICA	●	SOSTENIBILIDAD
	●	SERVICIOS PÚBLICOS
	●	INFRAESTRUCTURA LOGÍSTICA
	●	SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO
	●	MINAMBIENTE
	●	FINANCIERA

Fuente. Elaboración propia

Imagen 8 Cadenas de valor asociadas.



Fuente. Elaboración propia

2.4. Análisis estratégico

Matriz DOFA frente al uso de baterías de litio

Tabla 4. Matriz DOFA

<p><u>Debilidades</u></p> <ul style="list-style-type: none">• La operación de equipos eléctricos de manejo de materiales y sus elementos asociados (baterías) no hacen parte del Core del negocio.• La inversión en activos de la operación para la logística compite con la inversión en otros activos operativos que sí corresponden al Core del negocio.	<p><u>Oportunidades</u></p> <ul style="list-style-type: none">• Mejorar en tiempos disponibles para la operación de equipos eléctricos de manejo de materiales.• Disminuir la emisión de gases contaminantes derivados de la operación logística.• Disminuir el consumo de energía utilizado para la operación logística.• Disminuir el costo de mantenimiento de las baterías.• Disminuir la inversión en baterías por reemplazo de vida útil.• Disminuir el gasto derivado de errores en el proceso de carga de baterías.
<p><u>Fortalezas</u></p> <ul style="list-style-type: none">• Implementación de acciones sostenibles que sean positivas para el medio ambiente y la sociedad.• Desarrollo de relación fuerte con proveedores de equipos eléctricos de manejo de materiales y baterías.	<p><u>Amenazas</u></p> <ul style="list-style-type: none">• Disponibilidad de flujo de caja y capacidad de endeudamiento para invertir en la tecnología.• Adopción del cambio en la implementación de la tecnología, tanto para el personal que opera los equipos eléctricos de manejo de materiales como para el personal de mantenimiento.• Disponibilidad en Colombia de tecnología que soporte las baterías de litio: conexiones eléctricas, capacidad de carga (Voltaje generado), estabilización de temperatura, disposición final de las baterías.• Para los proveedores de cargadores significa una amenaza a la

	comercialización del producto, debido a que las baterías de litio no requieren de cargadores.
--	---

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la matriz anterior, se busca maximizar los puntos positivos y minimizar los negativos, de esta forma:

Tabla 5. Combinación DOFA y estrategias

Fuente: Elaboración propia

ANÁLISIS (COMBINACIÓN)	ESTRATEGIAS
Fortalezas+ Oportunidades (Maximizar oportunidades)	Realizar convenio con proveedor de equipos de baterías de litio para realizar un piloto de operación de este tipo de baterías. Durante el piloto se deberá hacer seguimiento a los ahorros en mantenimiento, servicios públicos (especialmente energía), tiempos reales de operación, así como medición de descargas profundas. Esto se deberá realizar en el mismo tiempo y en simultánea con la misma tipología de equipo y operación, pero con baterías de ácido-plomo para tomar datos comparativos y que arroje conclusiones cuantitativas.
Fortalezas + Amenazas (Puntos fuertes que ayuden a minimizar el impacto de las amenazas)	Se deberán desarrollar relaciones fuertes y a largo plazo con los públicos de interés (Gobierno, operarios de montacargas, proveedores de tecnología e inversionistas) para minimizar los efectos negativos de la implementación de la tecnología. Según lo anterior, algunas acciones a implementar, según el público, pueden ser:

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Para gobierno: investigar y contactar al Ministerio de Ambiente, Ministerio de Energía y Minas y CREG para conocer las regulaciones y beneficios correspondientes a la implementación de este tipo de tecnología. ➤ Para operarios de montacargas: si se desarrolla el piloto con la operación de montacargas, involucrarlos en su uso para que a través del mismo perciban las ventajas del cambio de tecnología. ➤ Proveedor: desarrollo de la tecnología en el país, negociación para compartir costos de implementación y sostenibilidad, apoyo para permear el mercado logístico con esta tecnología y desarrollo de negociaciones a largo plazo para obtener economías de escala compartidas. ➤ Inversionistas: presentar resultados cuantitativos del piloto para demostrar los ahorros generados y la inversión requerida. Adicionalmente, la medición en los cambios de emisiones de CO2 ayudan en la calificación DOW JONES.
<p>Debilidades + Amenazas (Acciones para reducir o eliminar las debilidades y minimizar el efecto de las amenazas)</p>	<p>Si bien la logística no es Core del negocio, sí es un proceso que apalanca la operación de abastecimiento y comercialización; por ello se hace necesario implementar iniciativas que aumenten la productividad y disminuyan los gastos operativos a largo plazo. La inversión en nuevas tecnologías permite potencializar y vender capacidad instalada y disminuir los costos operativos, y a largo plazo, generar estrategias de economías de escala y clústeres logísticos que permitan vender estos servicios a otros actores del mercado.</p>

3. Estudio de mercado del proyecto

3.1.Producto

3.1.1. Identificación del bien o del servicio:

Equipos eléctricos de manejo de materiales con baterías de litio

3.1.2. Descripción de las características del B/S en función del mercado

Los equipos eléctricos de manejo de materiales se encuentran disponibles en las siguientes tipologías:

- a. Transpaletas eléctricos: corresponden a un equipo para desplazar (no para elevar) pallets de mercancía. Son utilizados para el cargue, descargue y traslado de mercancía por parte del operario de la instalación logística.

Existen modelos operados a pie o con hombre a bordo, bien sea sentado o de pie. Para el caso del transpaleta eléctrico, operada a pie, ésta cuenta con un pequeño motor que es dirigido por medio de comandos que acciona el operador para levantar el pallet del suelo y poder realizar la labor del desplazamiento. Para el caso del transpaleta eléctrico con conductor a bordo, ésta tiene una cabina en la cual el operador va de pie o sentado y a través de comandos levanta, descarga y moviliza la carga en trayectos más largos.

- b. Apiladores eléctricos: son utilizados para la manipulación de cargas de hasta 1600 Kg para operaciones de almacenamiento. Sus tipologías dependen tanto de la altura de elevación, como del tipo de ubicación del conductor (sentado o parado).

Dependiendo de la tipología, el conductor puede ir encima de una plataforma abatible o dentro de una cabina de protección de pie o sentado, dirigiendo el vehículo a través del volante y comandos de acuerdo a la configuración del apilador.

- c. Contrabalanceados: son fabricados para uso industrial para la manipulación de cargas pesadas entre 8-48 Toneladas (Hyster, 2020).
- d. Trilaterales: son utilizados en bodegas cuyos pasillos son estrechos. Requieren de una buena nivelación del suelo y como son guiados necesitan instalaciones a los laterales de los pasillos o filoguiadas. Como son equipos que no realizan giros, su uso es sobre zonas de almacenamiento para dejar y recoger estibas. Sus horquillas (uñas) pueden girar sobre sí mismas, por lo cual pueden ser usadas en ambos lados de los pasillos de la estantería (Mecalux, 2020).
- e. Doble profundidad: se utilizan para estanterías de doble o simple profundidad. Se caracteriza porque sus horquillas se configuran como un pantógrafo extensible que permite alcanzar el segundo nivel de profundidad de la estantería.

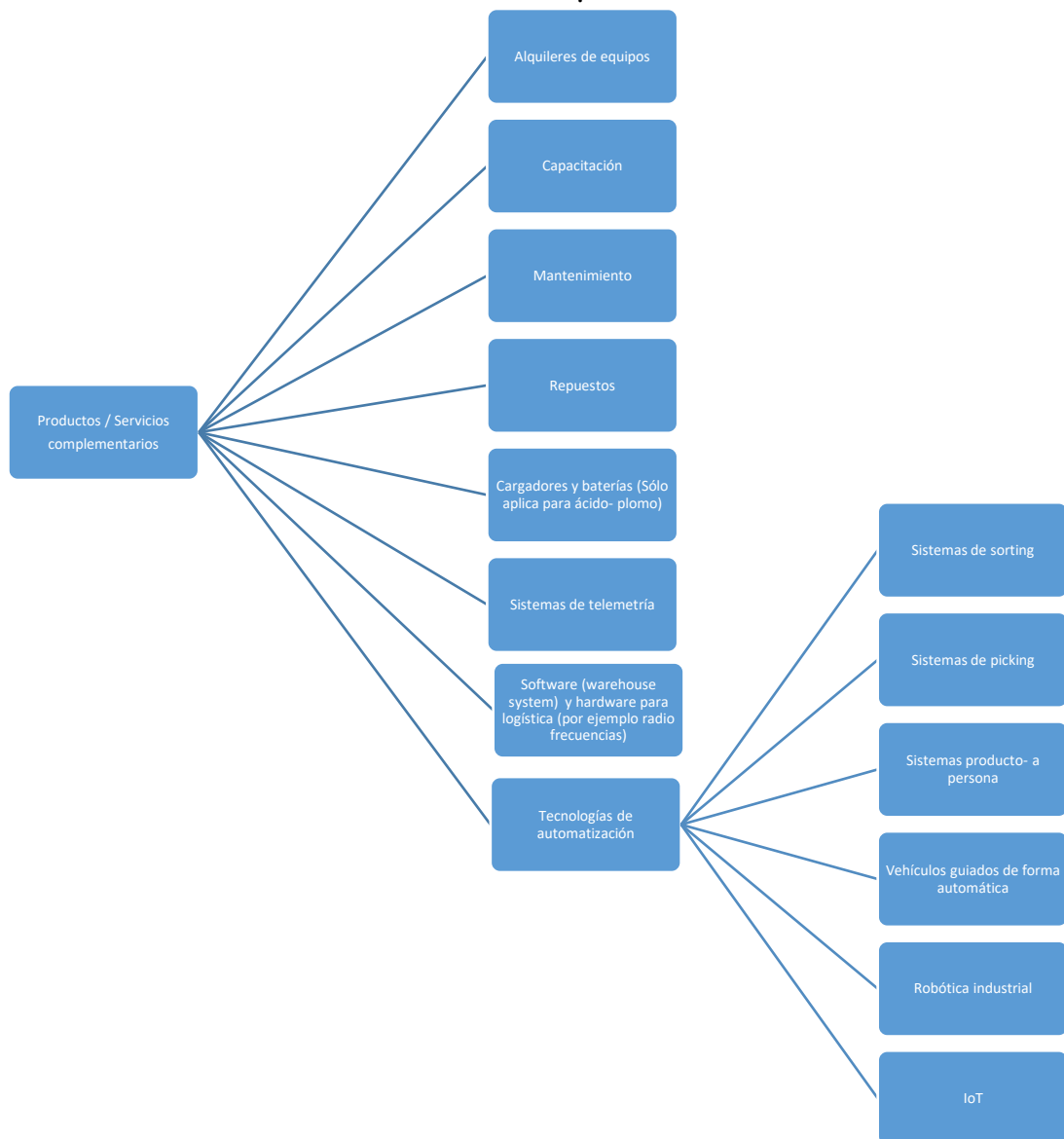
3.1.3. Existencia o posibilidad de desarrollo de productos sustitutos o similares

Estos equipos son utilizados en la operación logística y pueden tener las siguientes tipologías, según su tracción (fuente de energía para movilización) (Grúas y aparejos, 2020):

- a. Combustión: Son aquellos que tienen un motor diésel y por ello requieren de combustibles fósiles (gasolina) para su movilización.
- b. Eléctrico: Son aquellos que tienen motores eléctricos que operan a través de baterías en sus cuerpos y que son cargadas para su tracción. Estas baterías están disponibles en tecnologías de ácido-plomo y litio. De esta tipología depende tanto el ciclo de carga como los ciclos de operación, mantenimiento, vida útil y cantidad de baterías requeridas.
- c. Gas: Son aquellos que tienen un motor de combustión interna accionado por gas natural o gas licuado de petróleo.
- d. Manual: Son aquellos que no tienen motores que accionan su movilización, sino que éstos son maniobrados a través de la fuerza ejercida por parte de una persona.

3.1.4. Productos complementarios

Imagen 9 *Productos complementarios de los montacargas*



Fuente: Elaboración propia

Según la anterior imagen, se explican algunos de los productos complementarios que se mencionan:

- a. **Sistemas de telemetría:** son equipos electrónicos que se instalan en los montacargas para capturar información sobre la operación del vehículo. Estos equipos se conectan a través de antenas WI-FI que permiten capturar y actualizar los datos cuando el montacargas pase cerca a la antena. Algunos de los datos que se toman son: conductor, velocidad de desplazamiento, horas llave, horas de elevación, horas de desplazamiento, % de carga de las baterías, entre otros. Esta información permite controlar y tomar decisiones sobre el uso de montacargas
- b. **Software (warehouse system):** Hace referencia a los sistemas utilizados para la administración de los centros logísticos, que como mínimo, permiten administrar la información del inventario en la bodega.
- c. **Hardware para logística (por ejemplo, radio frecuencias):** Hace referencia a los dispositivos utilizados para activar el software que se tenga implementado en el centro logístico y que permite automatizar la operación dentro del mismo.
- d. **Sistemas de sorting:** son todos aquellos equipos y sistemas que permiten automatizar la clasificación de pedidos dentro del centro logístico por referencias, frecuencias, tipos, etc.
- e. **Sistemas de picking:** son todos aquellos equipos y sistemas que permiten automatizar la preparación de pedidos dentro del centro logístico.

- f. Sistemas producto- a persona: son sistemas a través de los cuales se configuran espacios de trabajo en los cuales la persona no se mueve, sino que los productos llegan a él para realizar la preparación de pedidos.
- g. Vehículos guiados de forma automática: son aquellos equipos eléctricos de manejo de materiales que son controlados por un software para realizar los movimientos de desplazamiento y almacenaje de pallets sin la necesidad de un operario a bordo.
- h. Robótica industrial: Son todos aquellos objetos que automatizan tareas repetitivas dentro de un centro de distribución y que son configuradas para que sean operadas por un robot y no una persona.
- i. IoT: Internet Of Things. Es utilizado para apalancar la trazabilidad de los pedidos de inicio a fin utilizando la conectividad de Internet.

3.2.Demanda del Sector logístico

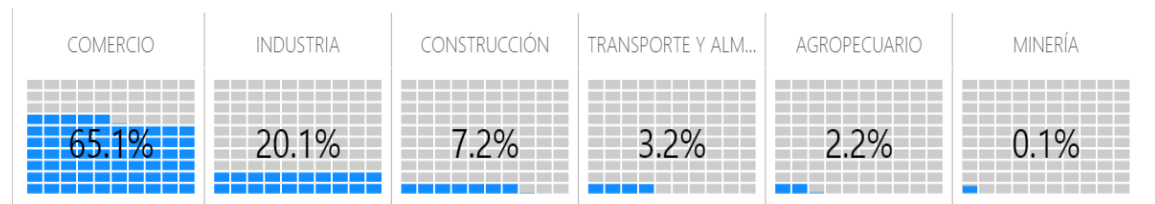
Para efectos del análisis del mercado potencial que requerirá de equipos eléctricos de manejo de materiales, se toma como referencia el mercado del sector logístico en Colombia. De esta manera, se evalúan los indicadores brindados por el Observatorio Nacional de Logística del Departamento Nacional de Planeación, como se muestra a continuación:

Gráfico 1. Distribución geográfica del sector



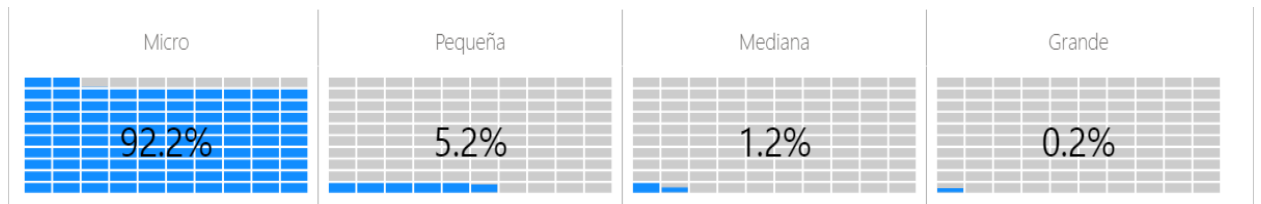
Fuente: Adaptado de *Distribución geográfica del sector* [Gráfico], por Observatorio Nacional de Logística, 2020, (<https://onl.dnp.gov.co/es/>)

Gráfico 2. Distribución de las empresas por actividad económica



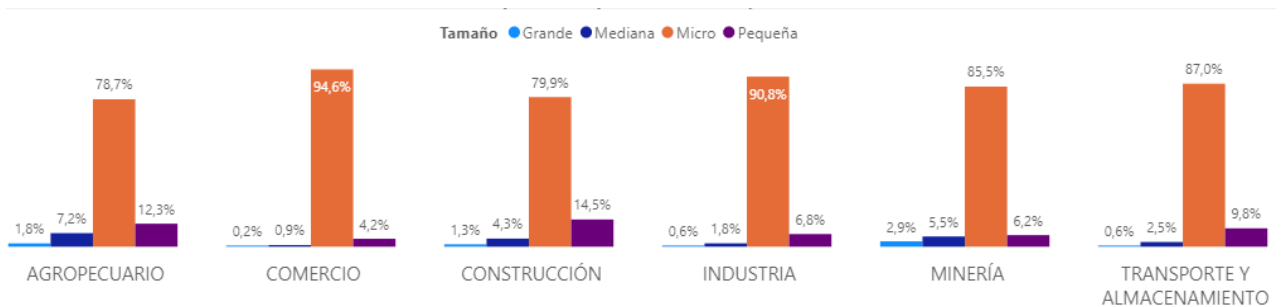
Fuente: Adaptado de *Distribución de las empresas por actividad económica* [Gráfico], por Observatorio Nacional de Logística, 2020, (<https://onl.dnp.gov.co/es/>)

Gráfico 3. Distribución de las empresas por tamaño



Fuente: Adaptado de *Distribución de las empresas por tamaño* [Gráfico], por Observatorio Nacional de Logística, 2020, (<https://onl.dnp.gov.co/es/>)

Gráfico 4. Distribución de las empresas por tamaño y actividad económica



Fuente: Adaptado de *Distribución de las empresas por tamaño y actividad económica* [Gráfico], por Observatorio Nacional de Logística, 2020, (<https://onl.dnp.gov.co/es/>)

Gráfico 5. Distribución de empresas en Colombia dedicadas al almacenamiento y depósito



Fuente: Adaptado de *Distribución de empresas en Colombia dedicadas al almacenamiento y depósito* [Gráfico], por Observatorio Nacional de Logística, 2020, (<https://onl.dnp.gov.co/es/>)

De acuerdo al gráfico 5 se puede observar que el mercado del sector logístico en Colombia tiene una alta concentración en el Departamento de Cundinamarca (Bogotá D.C), seguido por Antioquia, Valle del Cauca y Atlántico.

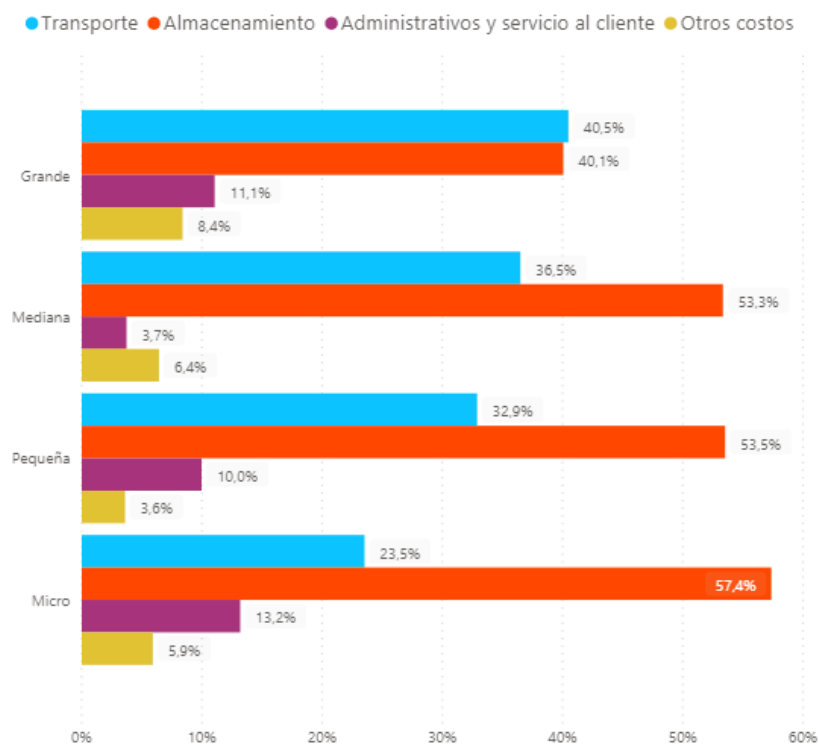
Por actividad económica (Gráfico 2) se evidencia una alta participación del comercio (65.1%), luego la industria (20,1%) y el transporte y almacenamiento apenas representan un 3.2% de la actividad económica.

Por tamaño de empresas llama la atención que las micro representan el 92.2% y entre las medianas y grandes representan un 1.4% del mercado.

Esto puede representar una gran restricción para la introducción de la tecnología de litio en montacargas, debido a que el mercado especializado en actividades logísticas es bajo, esto quiere decir que la logística no es el Core del negocio y por ende la inversión en activos como los montacargas no representan una inversión en actividades propias del negocio

Adicionalmente, por el tamaño de las empresas, existe un riesgo en la inversión en este tipo de activos ya que son altamente costos y por ende pueden no ser asequibles para las empresas.

Gráfico 6 Componentes del costo logístico por tamaño



Fuente: Adaptado de *Componentes del costo logístico por tamaño* [Gráfico], por Observatorio Nacional de Logística, 2020, (<https://onl.dnp.gov.co/es/>)

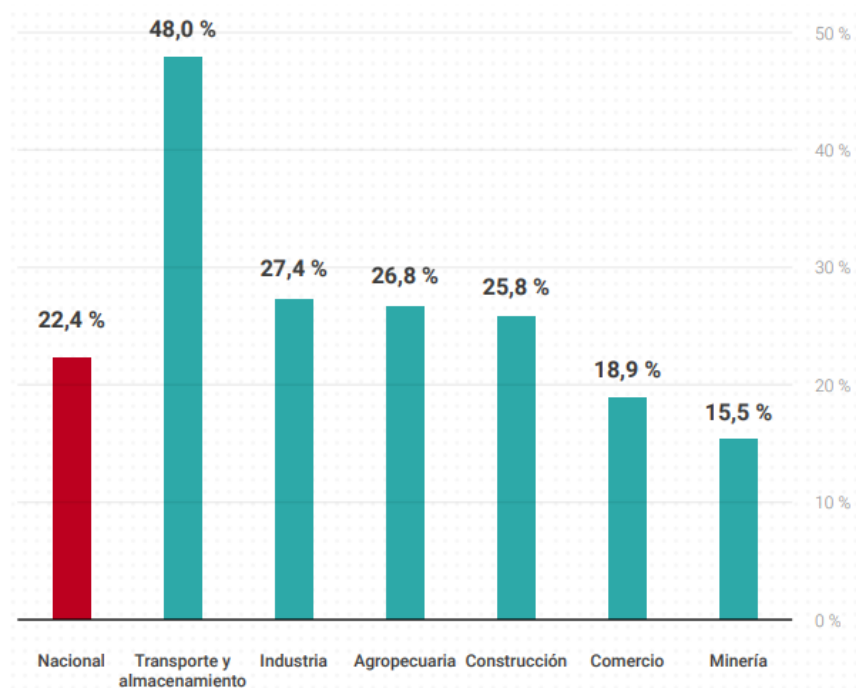
Normalmente, las actividades de la operación logística están compuestas del siguiente ciclo:

1. Recibo
2. Almacenamiento
3. Preparación de pedidos (picking)
4. Embarque
5. Despacho

De las anteriores, aquellas en las que se utilizan los equipos eléctricos de manejo de materiales son el almacenamiento y en la preparación de pedidos.

Si se cruza este uso con la información de los costos logísticos, se puede evidenciar que, tanto por tipo de actividad económica como por tamaño de empresa (Gráfico 6), el mayor costo logístico lo representa el almacenamiento de mercancías. Si su costo está compuesto por varios factores (espacio de almacenamiento, estanterías, infraestructura logística, ubicación geográfica, productividad en el almacenamiento, temperatura de la operación, estibas, stretch, etc.), agregar activos operativos cuyos precios de adquisición son altos, aporta a que el costo logístico aumente y exista afectación en la rentabilidad del negocio.

Gráfico 7 Porcentaje de empresas que cuentan con flota propia por actividad económica

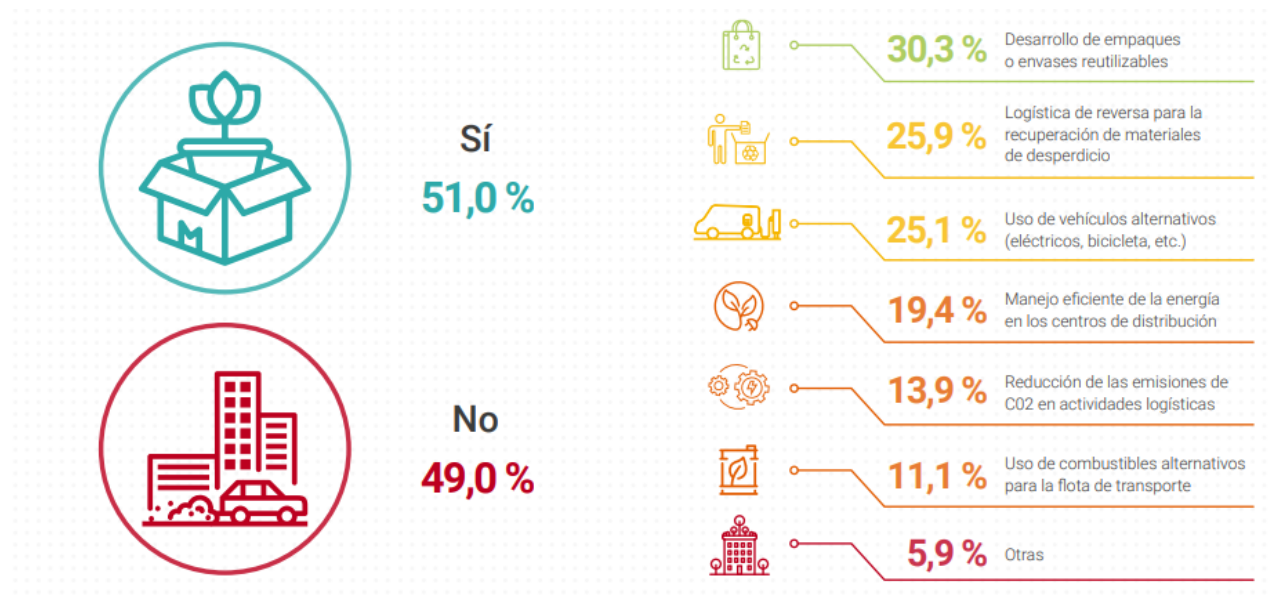


Fuente: Adaptado de *Porcentaje de empresas que cuentan con flota propia por actividad económica* [Gráfico], por Observatorio Nacional de Logística, 2020, (<https://onl.dnp.gov.co/es/>)

Si bien el anterior indicador (Gráfico 7) hace referencia a la inversión en vehículos de transporte, puede ser un referente para evaluar tendencias en el sector logístico en cuanto a la inversión de activos propios para la operación. Es importante hacer relevante el hecho de que para el transporte y almacenamiento, el nivel de inversión en flota propia es del 48% y

estos activos sí hacen parte del Core del negocio y para el resto de actividades representa niveles entre el 27.4% y 15.5%. Es un nivel conservador de inversión en activos propios para la operación y se convierte en un indicador relevante para la introducción de nuevas tecnologías, como las que se proponen en este trabajo de grado en el sector de logística

Gráfico 8 Porcentaje de empresas que han implementado acciones de logística verde y sus niveles de implementación



Fuente: Adaptado de *Porcentaje de empresas que han implementado acciones de logística verde y sus niveles de implementación* [Gráfico], por Observatorio Nacional de Logística, 2020, (<https://onl.dnp.gov.co/es/>)

En el gráfico 8, Cuando se toman los indicadores de logística verde presentados por la Encuesta Nacional de Logística del 2018, se evidencia que el 51% de las empresas encuestadas han implementado acciones de logística verde, de éstas, las que podrían aportar a la implementación de montacargas eléctricos con batería de litio, pueden ser: uso de

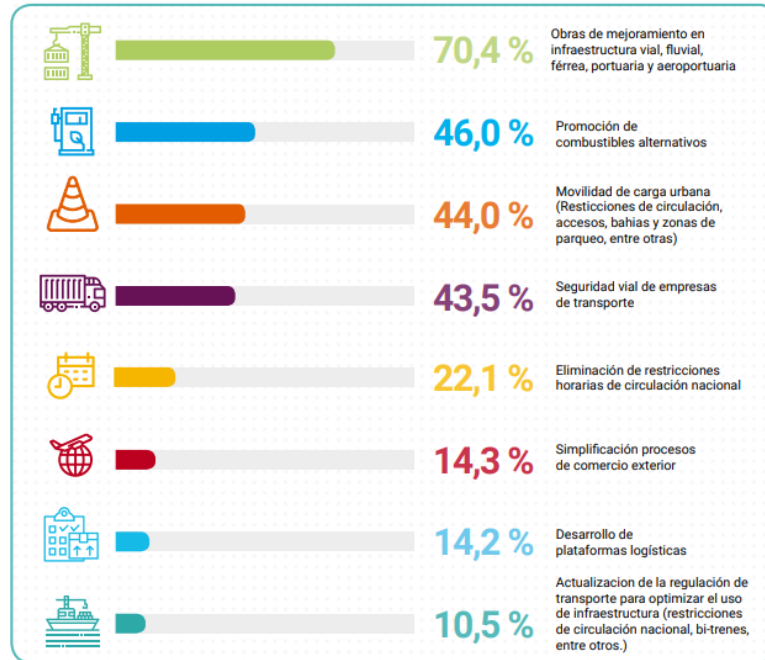
vehículos alternativos, manejo eficiente de la energía en los centros de distribución y reducción de las emisiones de CO2 en actividades logísticas representan un 58,4%

Gráfico 9 Porcentaje de empresas que han implementado acciones de innovación en logística



Fuente: Adaptado de *Porcentaje de empresas que han implementado acciones de innovación en logística* [Gráfico], por Observatorio Nacional de Logística, 2020, (<https://onl.dnp.gov.co/es/>)

Gráfico 10 Porcentaje y acciones de innovación logística



Fuente: Adaptado de *Porcentaje de empresas que han implementado acciones de innovación en logística* [Gráfico], por Observatorio Nacional de Logística, 2020, (<https://onl.dnp.gov.co/es/>)

En el gráfico 9 se puede evidenciar que, frente a la implementación de acciones de innovación logística, de acuerdo al informe, se muestra que el 47,7% de las empresas han implementado estas acciones, de las cuales sólo el 14,3% se enfocan en proyectos de sostenibilidad y el 45,1% en hacer más eficiente la operación logística.

Por otra parte, es importante resaltar que dentro de las acciones que los empresarios encuestados, consideraron relevante que el Gobierno debería impulsar para hacer más

eficiente la operación logística, calificaron la promoción del uso de combustibles alternativos en un 46,0% (Gráfico 10)

3.3. Oferta de equipos de manejo de materiales

Dentro del mercado colombiano, las marcas disponibles que ofrecen equipos eléctricos de manejo de materiales son:

1. Jungheinrich
2. Toyota material handling
3. Crown
4. Still
5. Yale
6. Hyster
7. Mitsubishi
8. Linde

De las anteriores, sólo 2 ofrecen actualmente las versiones operadas con baterías de litio, con las siguientes características:

- Jungheinrich: es un competidor cuya operación inicia desde 1908. Es uno de los 3 principales competidores del mercado de intralogística a nivel mundial. En Colombia, tiene presencia directa, quiere decir que no trabaja a través de

distribuidores oficiales. Desde el 2011 ha desarrollado e implementado las baterías de Li-ion en los equipos de manejo de materiales y en 2019 ganó el premio Alemán de Diseño en la categoría “Industria” de su carretilla ETV216i, que funciona con la tecnología de Li-ion. En 2018 ganó la categoría de innovación por esta batería en “Logistra best practice: Innovations 2018”. Además, ganó el premio IFOY en 2018 por el cargador versátil flexible para baterías de ion litio y ácido- plomo.

- Toyota Material Handling: Inició operaciones en 1926 en Japón. Inició con el negocio de equipos de manejo de materiales en 1992. En Colombia opera a través de distribuidores de la marca. Desde 2014 ha implementado las baterías de litio en sus equipos, principalmente en el mercado europeo.

3.4.Precio de montacargas

Debido a que los precios de los montacargas dependen de la marca, tipo de equipo, capacidad de carga, altura y modelo, se consultan los precios de referencia de mercado usado, arrojando los siguientes hallazgos:

Tabla 6. Precios de montacargas usado (Mercado Libre, 2020)

Marca	Tipo de equipo	Modelo	Capacidad de carga	Año	Precio (COP)
CROWN	Montacargas	SP4050-30	1000 kg	2016	\$ 90.000.000,00
Yale	Montacargas Yale Pala Retráctil	NR040	1900 kg	2008	\$ 25.000.000,00
Toyota-Raymond	Montacargas Eléctrico Toma Pedidos	OPC3OTT	3 kg	2013	\$ 13.500.000,00
Hyster	Estibador Eléctrico Operador Abordo	B60Z	2721 kg	2012	\$ 14.500.000,00
Yale	Montacargas Eléctrico Yale/Hyster	ERC	1500 kg	2005	\$ 39.900.000,00
CROWN	Montacargas Crown	FC4525-50	3000 kg	2009	\$ 55.000.000,00
Toyota - BT	Ordenador de Pedidos	OP1000HSE	1 KG	2005	\$ 52.000.000,00
Toyota - BT	Montacargas	RRE160M	1,6 kg	2011	\$ 104.720.000,00
Toyota-Raymond	Estibador Eléctrico	8410-FRE60L	2700 kg	2015	\$ 29.321.600,00
Hyundai	Montacargas Eléctrico	25BR-7	2500 kg	2015	\$ 68.000.000,00

Fuente: Elaboración propia

3.5.Comercialización

3.5.1. Distribución geográfica del mercado (demanda)

Según como se evidenció en el numeral 3.2, la siguiente es la distribución de la demanda del sector logístico:

Imagen 10 Distribución de empresas en Colombia dedicadas al almacenamiento y depósito



Fuente: Adaptado de *Distribución de empresas en Colombia dedicadas al almacenamiento y depósito* [imagen], por Observatorio Nacional de Logística, 2020, (<https://onl.dnp.gov.co/es/>)

3.5.2. Distribución geográfica del mercado (Oferta)

Según como se evidenció en el numeral 3.3, la siguiente es la distribución de la oferta de los proveedores de montacargas:

- **Distoyota:**

Imagen 11 Presencia de Distoyota Colombia



Fuente: Adaptado de Ubicación [imagen], por *Distoyota Equipos Industriales*, 2020, (<https://distoyotaequiposindustriales.com/>)

- **Jungheinrich Colombia**

Imagen 12 Presencia de Jungheinrich Colombia



Fuente: Adaptado de Ubicación [imagen], por Jungheinrich Colombia, 2019, (<https://www.jungheinrich.co/>)

- **Royal América (Distribuye la marca Crown)**

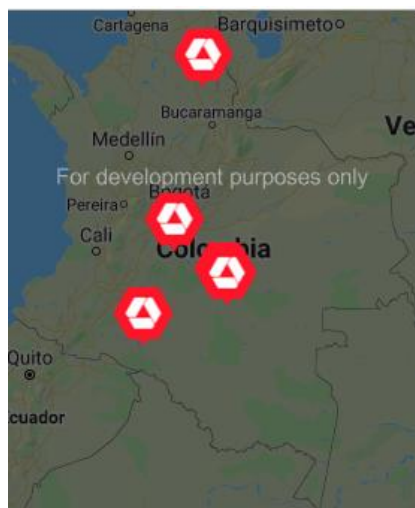
Imagen 13 Presencia de Royal América en Colombia



Fuente: Adaptado de Ubicación [imagen], por *Royal América*, 2020, (<https://royalamerica.com/co>)

- **Derco (Distribuidor en Colombia de las marcas Still, Linde, Komatsu Y HANGCHA)**

Imagen 14 Presencia en Colombia de Derco



Fuente: Adaptado de Ubicación [imagen], por *Derco*, 2020, (<https://montacargasderco.com/>)

- **Unimaq (Distribuidor en Colombia de la marca Yale y Hyster)**

Imagen 15 Presencia de Unimaq



Fuente: Adaptado de Ubicación [imagen], por *Unimaq*, 2020, (<https://www.unimaq.com/>)

- **McCallister (Distribuidor de la marca Mitsubishi)**

Imagen 16 Presencia de McCallister



Fuente: Adaptado de Ubicación [imagen], por E McCallister, 2020, (<http://mcallister.com.co/>)

Según las anteriores imágenes, se puede evidenciar que todos los proveedores, exceptuando Royal América, tienen sede en la capital del país, la cual, según como se pudo evidenciar en el aparte de la demanda, tiene mayor concentración el sector logístico. Sin embargo, todos los proveedores tienen sus sedes ubicadas según la demanda del sector (Bogotá D.C., seguido por Antioquia, Valle del Cauca y Atlántico).

Por otra parte, llama la atención el hecho de que sólo Distoyota posee 10 sedes de operación distribuidas a lo largo del país. El resto operan con 1- 4 sedes que se ubican en el foco del sector logístico. Esto implica para Distoyota una ventaja operativa, porque tiene mayor

capacidad de atención y extensión hacia diferentes zonas del país. En términos prácticos, esto quiere decir que, si se requiere de un mantenimiento correctivo, por ejemplo, Distoyota puede atender rápidamente a sus clientes en diferentes zonas del país, cosa que no ocurriría con el resto de los proveedores, ya que se debe esperar a la llegada de repuestos u operadores de mantenimiento desde la capital o alguna de las ciudades principales para realizar una atención.

3.5.3. Canales de distribución actuales y posibilidad de otros canales

La forma de distribución del producto es a través de los distribuidores oficiales de la marca en Colombia o por medio de la marca directamente, según el caso.

3.5.4. Condiciones de venta y sistemas de crédito

De acuerdo a la información disponible en la marca, existen 3 formas de adquisición y utilización de los equipos eléctricos de manejo de materiales:

- Compra
- Renting
- Alquiler

3.5.5. Formas de almacenaje y transporte.

- Debido a que no existe fabricación en Colombia de los equipos eléctricos de manejo de materiales, todos son importados. Esto implica que para ingresar a Colombia se requiere una logística internacional.
- Por el dimensionamiento de la carga, tradicionalmente la maquinaria se transporta en contenedores hasta el destino, de acuerdo al INCOTERM negociado.
- Para llegar al centro logístico de destino se opta por el transporte en contenedor, cama baja o mula, de acuerdo a la dimensión del equipo.

3.5.6. Asistencia técnica de postventa

La asistencia técnica post-Venta se realiza usualmente a través del servicio prestado por la distribuidora, según la negociación pactada y el método de adquisición.

Para el caso de renting y alquiler, el mantenimiento preventivo y sus respectivos suministros son brindados por la marca. Esto debido a que el propietario del activo es la distribuidora o marca. El mantenimiento correctivo también es otorgado por el proveedor, pero su costo es asumido por el usuario cuando se determina que la causa del daño fue ocasionada por un mal manejo y uso del equipo.

Para el caso de la compra del equipo, la marca brinda el servicio de mantenimiento y repuestos, sin embargo, en el mercado existen otros proveedores de mantenimiento de estos equipos que prestan el servicio en conjunto con los repuestos. También es posible que el dueño del equipo tenga su propio equipo de mantenimiento especializado para estos activos.

Para ambos casos, sin embargo, es importante considerar las condiciones descritas por el distribuidor para la cobertura de garantías.

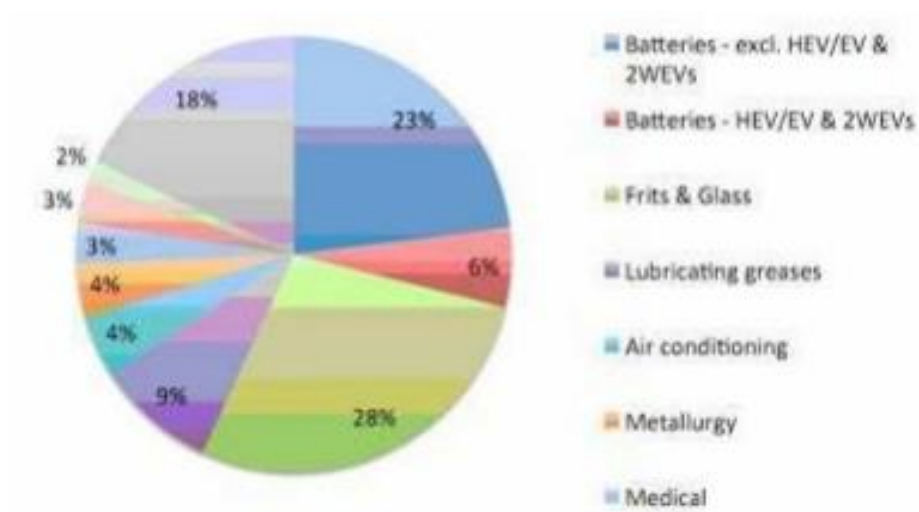
3.6. Estudio de materias primas

En este aparte se identificará el proceso para fabricar las baterías objeto de estudio, considerando que, si bien se requieren de componentes como el óxido de cobalto para su proceso, el desarrollo de este numeral radicará en el mineral foco de análisis: el litio.

3.6.1. Demanda de litio

La demanda de litio está representada por la industria del cristal/cerámicas, baterías, grasas, aluminio, tratamiento de aire y fundición, como lo muestran (Aguilar & Zeller, 2012) en el siguiente gráfico (P21):

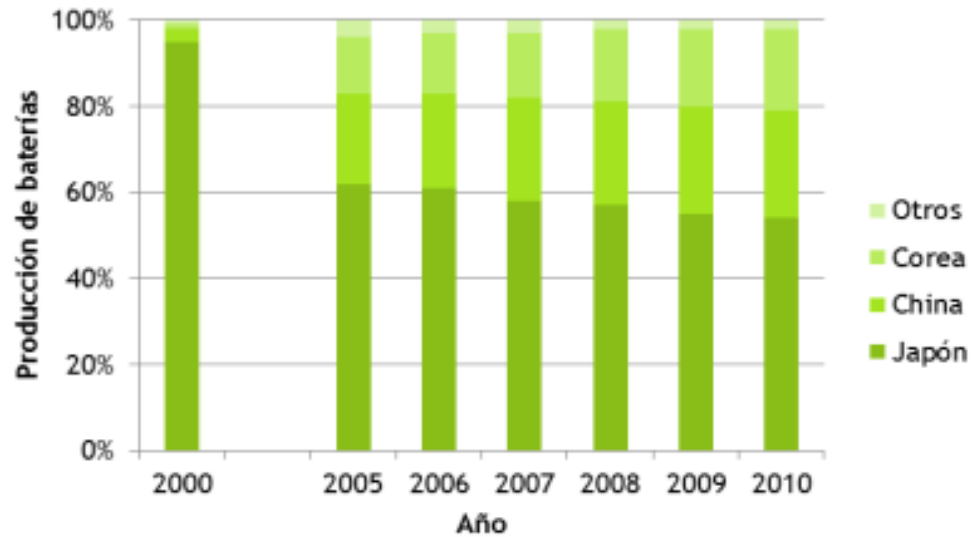
Gráfico 11 Demanda de Litio en 2011: 115.000-130.000 MT LCE



Fuente: Adaptado de Demanda de Litio [Gráfico], por Aguilar & Zeller, 2012 (<http://center-hre.org/wp-content/uploads/2012/06/INFORME-LITIO-FINAL...pdf>)

De acuerdo al Informe de Almacenamiento de Energía realizado por Ruta N (Corporación Ruta N, 2015), el mercado global del Litio tiene el siguiente comportamiento:

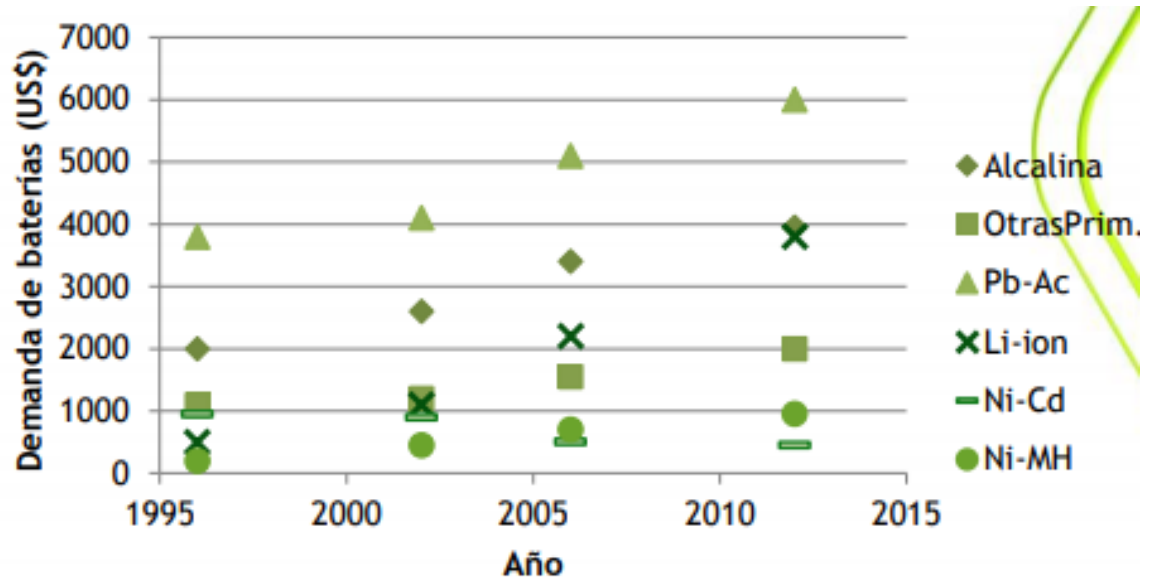
Gráfico 12 Producción de Baterías por año y país



Fuente: Adaptado de Crecimiento Global [Gráfico], por *Corporación Ruta N*, 2015 (Recuperado desde www.brainbookn.com)

Conclusión: La industria de las baterías está cada vez más consolidada. En la figura se observa que Japón lidera el mercado en la producción de baterías, mientras que el mercado chino se encuentra en crecimiento (Corporación Ruta N, 2015).

Gráfico 13 Demanda de baterías por año

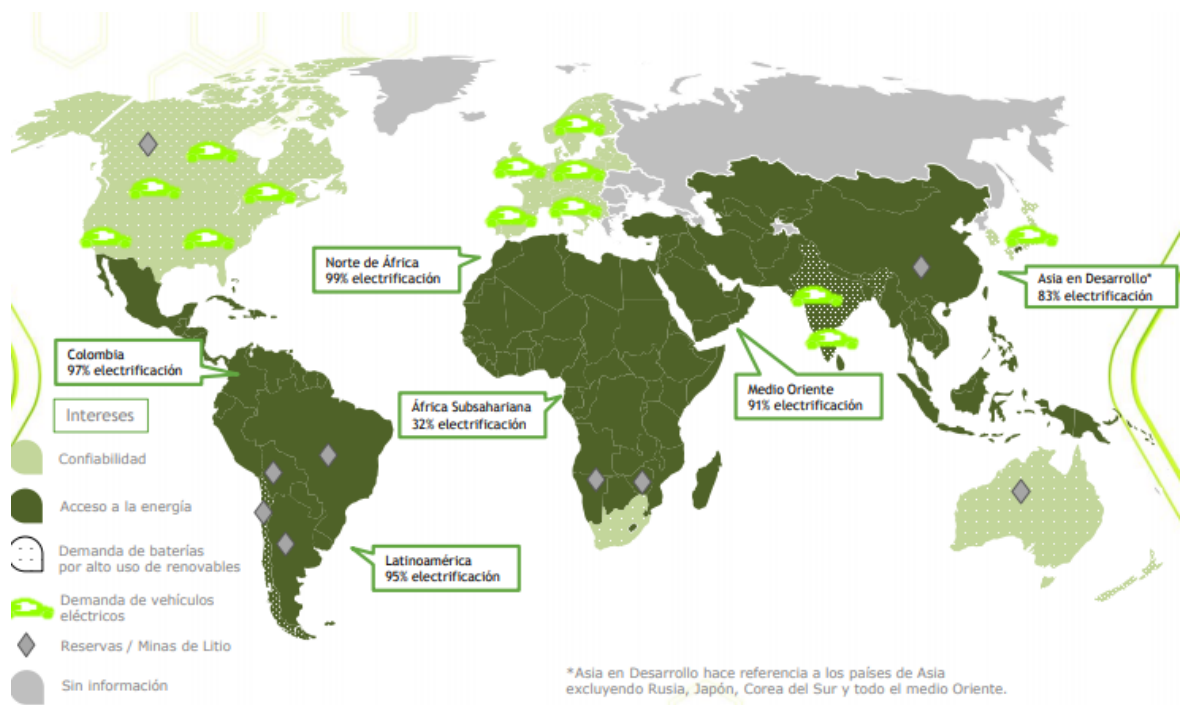


Fuente: Adaptado de Crecimiento Global [Gráfico], por Corporación Ruta N, 2015 (Recuperado desde www.brainbookn.com)

Conclusión: Las baterías de plomo ácido poseen la mayor demanda a nivel mundial; sin embargo, las baterías de ion litio poseen una pendiente de crecimiento mayor. Las baterías de níquel hidruro se encuentran en una etapa de decaimiento, probablemente debido a los problemas ambientales y de auto descarga. (Corporación Ruta N, 2015).

Asimismo, el informe presenta la siguiente distribución de la demanda de baterías a nivel global:

Imagen 17 Principales mercados (motivantes de demanda de baterías)



Fuente: Adaptado de *Principales mercados (motivantes de demanda de baterías)* [Imagen], por *Corporación Ruta N*, 2015 (Recuperado desde www.brainbookn.com).

De la anterior imagen, se pueden evidenciar las siguientes conclusiones:

- La confiabilidad es el principal interés de la demanda de baterías en EEUU, Canadá, Europa, Sudáfrica y Australia.
- El acceso a la energía es el principal interés de la demanda de baterías en Latinoamérica, África (exceptuando Sudáfrica) y Asia (Exceptuando Rusia).

- La demanda de vehículos eléctricos es el principal interés de la demanda de baterías en EEUU, Canadá, Europa, India y Japón.
- Las reservas/minas de Litio se encuentran en Chile, Argentina, Bolivia, Brasil, Canadá, África del Sudoeste Alemana, Rodesia, China y Australia.

El reporte realizado por CRU para la UPME (CRU Consulting, 2018), especifica que la demanda de litio se debe comprender desde sus determinantes y usos finales. Al respecto se mencionan las aplicaciones que inciden sobre las baterías:

- Baterías de Ion Litio: si bien para 2008 sólo representaba el 12% de la demanda de litio, se espera que se convierta en el principal usuario de litio dentro de la composición del mercado. Uno de los inconvenientes que ha presentado para aplicar de manera intensiva el litio, es porque aún tiene por mejorar la estabilidad térmica y por ende su alta reactividad. Esto ha impedido una mayor masificación en diferentes aplicaciones. La mayor presión que ha sentido este sector se ha derivado en la necesidad de desarrollar baterías con mayor autonomía para aplicar en los vehículos eléctricos.

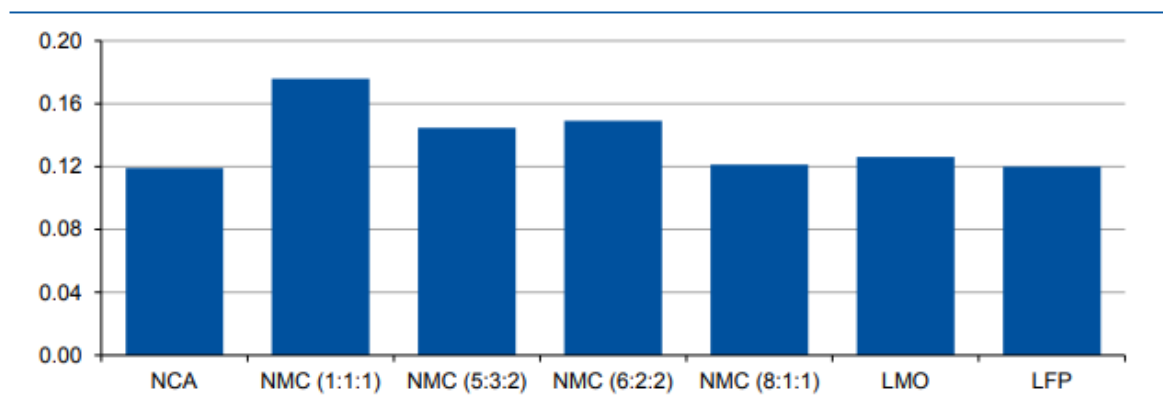
En la siguiente tabla, el autor identifica las diferentes tipologías de baterías de litio:

Tabla 7. Tipos de batería de ion- litio

Tipo	Cátodo	Ánodo	Densidad Energética (Wh/kg)
NCA	Óxido de Litio Níquel Cobalto Aluminio (LiNiCoAlO ₂)	Grafito	200-260
NMC	Óxido de Litio Níquel Manganeso Cobalto (LiNiMnCoO ₂)	Grafito	150-220
LCO	Óxido de Litio Cobalto (LiCoO ₂)	Grafito	150-200
LMO	Óxido de Litio Manganeso (LiMn ₂ O ₄)	Grafito	100-150
LFP	Óxido de Litio Hierro Fosfato (LiFePO ₄)	Grafito	90-120

Fuente: Adaptado de *Tipos de batería de ion-litio* [Tabla], por CRU Consulting, 2018 (http://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/Datos/mercado-inter/Producto3_Litio_FINAL_11Dic2018.pdf)

Gráfico 14 Intensidad del litio en diferentes tipos de baterías, en Kg/kWh



Fuente: Adaptado de *Intensidad del litio en diferentes tipos de baterías, en Kg/kWh* [Gráfico], por CRU Consulting, 2018 (http://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/Datos/mercado-inter/Producto3_Litio_FINAL_11Dic2018.pdf)

- Vehículos eléctricos: Su demanda se proyecta en aumento debido a la presión política de algunos gobiernos como Reino Unido, Francia, Noruega, Países Bajos y China para implementar esta tecnología y de esta manera disminuir la emisión de CO₂ de fuentes móviles.

- Almacenamiento de energía: es un mercado en evolución, pero que se relaciona con las baterías en la regulación de frecuencia, pues estas se vuelven un medio propicio para garantizar una frecuencia fija.
- Equipos electrónicos portátiles: hace referencia a los pc portátiles, smartphones y tablets que han alcanzado o están por alcanzar el ciclo de madurez en su curva de crecimiento, por lo cual se estima que la demanda de este mercado sea estable.

3.6.1.1.Oferta de litio

El litio es un mineral que se encuentra en los Salares. Particularmente, el 66% de la disponibilidad del mineral se encuentra en el llamado “Triángulo del litio”, compuesto por el Salar de Uyuni en Bolivia, el Salar de Atacama en Chile y pequeños salares en el noroeste argentino.

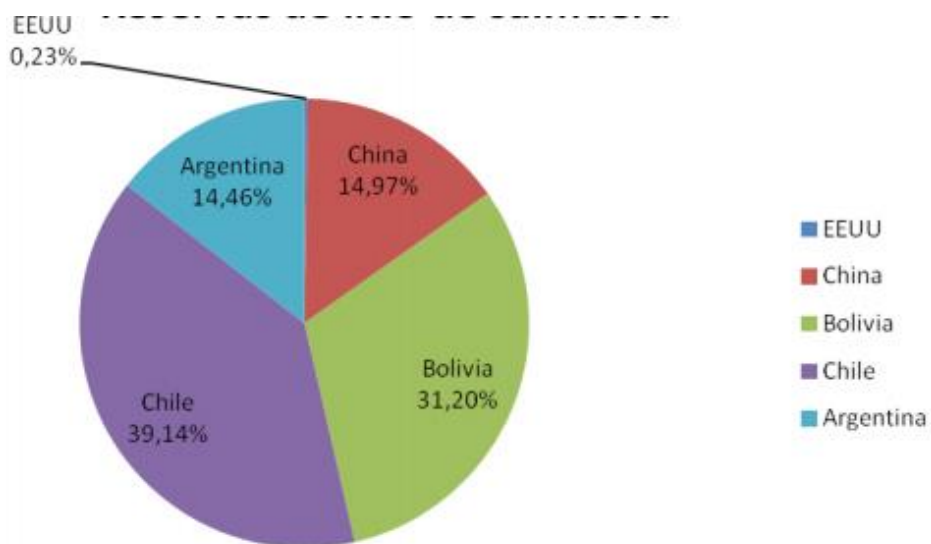
De acuerdo a (Göbel & Ulloa, 2014), haciendo referencia al Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS):

Se encuentran reservas de litio en diecisiete países. Hay cuatro tipos de yacimientos geológicos de litio: salmueras (salar y salares secos); pegmatitas (variedades de una roca ígnea de grano grueso); rocas sedimentarias, incluida la tierra arcillosa que contiene hectorita; y el agua de mar. Las mayores reservas se encuentran en las salmueras (aproximadamente el 66%), mientras que la concentración en el agua de

mar es tan baja que normalmente los estudios no la mencionan (Gruber et ál. 2011, 2). Como la explotación del litio en salmueras es la más rentable, esta recibe especial atención; los yacimientos más grandes, conocidos hasta ahora, se encuentran en los salares del triángulo del litio suramericano (Chile, Bolivia y Argentina). En Chile el litio se ha explotado desde hace más de veinte años; en Argentina ya se ha empezado con su extracción y la producción de carbonato de litio; y Bolivia aún se encuentra en la fase piloto (véase Ströbele-Gregor 2012). Durante muchos años, Chile fue el mayor proveedor de litio, pero en la actualidad Australia lo iguala (P.138).

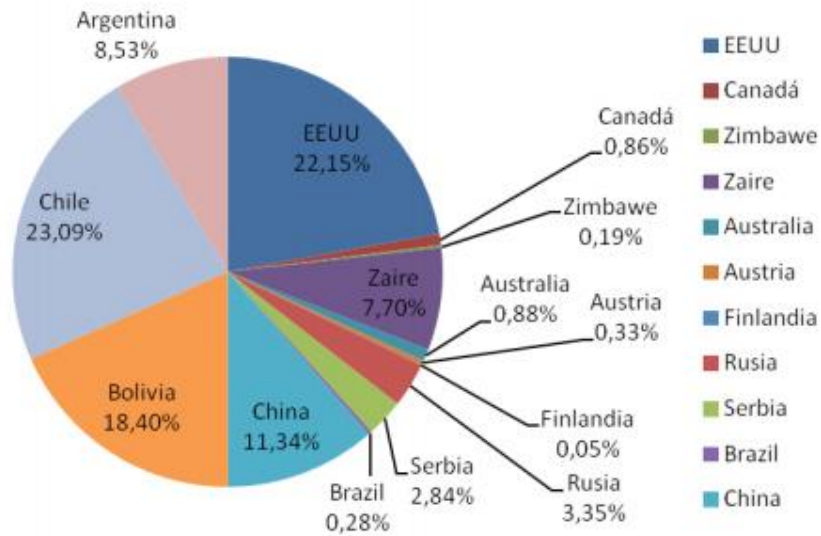
En cifras, de acuerdo a (Aguilar & Zeller, 2012), la composición de las reservas de litio de Salmuera se distribuye de la siguiente forma:

Gráfico 15 Reservas de Litio de Salmuera



Fuente: Adaptado de *Reservas de Litio de Salmuera* [Gráfico], por Aguilar & Zeller, 2012 (<http://center-hre.org/wp-content/uploads/2012/06/INFORME-LITIO-FINAL...pdf>)

Gráfico 16 Reservas de Litio en total



Fuente: Adaptado de *Reservas de Litio en total* [Gráfico], por Aguilar & Zeller, 2012 (<http://center-hre.org/wp-content/uploads/2012/06/INFORME-LITIO-FINAL...pdf>)

El mercado mundial del litio, en 2010, fue de 127.000 ton de carbonato de litio equivalente, lo que a U\$5.000 por tonelada, representa un mercado mundial de U\$600 millones/año. Con el auge del auto eléctrico se estima que en el año 2025 la demanda podría ser, en el escenario optimista, de 350.000 ton por año. Es decir que no solo evidenciamos un crecimiento sino paralelamente una velocidad vertiginosa del mismo, fuertemente fomentado por legislaciones proactivamente permisivas, y un sector político y empresarial que también apaña a la industria fuertemente (P 18).

(Göbel & Ulloa, 2014), haciendo referencia al listado de los primeros 10 Holdings de litio, según el fondo de inversión ETF de 2014:

1. FMC Corporation (FMC): 19,31%.
 2. Rockwood Holdings Inc. (ROC): 19,15%.
 3. Sociedad Química y Minera de Chile S. A. (SQM): 7,50%.
 4. BYD Co., Ltd. H Shares (BYDDF): 5,77%.
 5. Panasonic Corporation (PCRFF): 5,67%.
 6. Saft Groupe (SAFT): 5,31%.
 7. Johnson Controls Inc. (JCI): 4,98%.
 8. Sinopoly Battery Limited: 4,91%.
 9. Dynapack International Technology Corp. (DYPKF): 4,03%.
 10. Simplo Technology Co., Ltd.: 3,98%
- (P. 144).

De acuerdo al Informe de Almacenamiento de Energía desarrollado por (Corporación Ruta N, 2015), los siguientes son los principales jugadores del Mercado (Ver anexo 1):

- EnerSys
- BYD
- Johnson Controls
- EXIDE
- A123 Systems
- CSB
- Renobat
- Ultralife
- MAC-JOHNSON CONTROLS

- Varta
- Tronex

De acuerdo al anterior informe, los principales fabricantes colombianos (últimos 3 proveedores) no tienen un desarrollo de baterías de litio, sino que están especializados en ácido- plomo; sin embargo, tienen un alcance de todo su ciclo de vida, incluyendo el reciclaje, lo cual puede ser utilizado como ventaja operativa en caso de realizar un reemplazo del 100% de la flota de montacargas, pues podría realizarse una negociación para entregar las baterías de ácido- plomo a estas empresas y tener un porcentaje de retorno de inversión, según el estado de las baterías, tipo y cantidad.

Actualmente no existen oferentes colombianos de las baterías de litio debido a que esta tecnología implica que vienen incorporadas dentro de todos los productos que los utilizan (carros, celulares, montacargas, etc.).

Los demás proveedores, si bien no tienen origen colombiano, tienen presencia en el país con algunas líneas de negocio especializado. Tal es el caso de BYD, quien en Colombia tiene en oferta su línea de vehículos eléctricos y tiene convenios, como, por ejemplo, en la ciudad de Medellín con la disposición de taxis eléctricos para la operación limpia de esta flota.

De acuerdo al informe Observatorio CT+i desarrollado por Ruta N, Tecnova, UPB, Universidad Nacional de Colombia Sede de Medellín, referente al análisis del mercado de energía, las siguientes han sido las oportunidades identificadas respecto de la fabricación de baterías a nivel local (Corporación Ruta N, 2015):

Tabla 8. Oportunidades identificadas respecto de la fabricación de baterías a nivel local

CAPACIDADES REQUERIDAS	¿CÓMO ESTÁ MEDELLÍN?
Conocimiento en manufactura e ingeniería de procesos.	Cuenta con una sede de fabricación de pilas primarias de zinc carbón (Tronex).
Infraestructura adecuada y de un análisis financiero (estudio de costos) para la entrada de las baterías.	En Medellín existen empresas proveedoras de materiales, insumos y minerales para una posible fabricación de baterías (ej. Sumicol).
Convenios con empresas nacionales y regionales de materias primas minerales para la fabricación de electrodos.	Cuenta con un sistema de transporte masivo con energía eléctrica (tren metropolitano, tranvía).
Convenios con productores de materia prima. Acuerdos y tratados con Argentina, Bolivia y Chile (UNASUR, CAN, acuerdos de complementación económico con Chile y Mercosur)	Ruta N como generador de sinergias para consolidar las empresas interesadas.
Conocimiento sobre la logística de importación y exportación para las baterías finales y el material de producción.	Posee una sede de Sofasa, en la cual se podría realizar el proceso de manufactura de vehículos eléctricos.
	Programa de infraestructura vial de cuarta generación (próxima conexión con autopista 4G), con la cual se lograría acortar los tiempos y los costos de transporte.
	Grupos de investigación universitarios que han desarrollado proyectos referentes al tema de baterías (U de M, EAFIT, U de A, UNAL, UPB).
JUGADORES ACTUALES	BARRERAS POTENCIALES
Empresas privadas en Colombia: Mac (Johnson Controls), Tronex, Willard, Faico, Sofasa (posible interés en compra de baterías para uso en vehículos eléctricos), Sumicol y empresas en general, con potencial de abastecer materias primas como sales	Deficiencia en la infraestructura de transporte del país.

minerales y óxidos metálicos (ej. manganeso).	
Empresas extranjeras: LG y Mitsubishi interesadas en construir fábricas de baterías de ion litio en Sudamérica (posibles socios). Los productores más reconocidos en la fabricación de baterías de ion litio son: LG Chem, A123, BYD y TeslaPanasonic (Panasonic como proveedor de baterías y Tesla con su próxima megafábrica de baterías de ion litio).	El desarrollo químico de las baterías de alta capacidad es complejo y requiere procesos de gran consumo de energía.
Países con mayor extracción de litio en la región: Argentina y Bolivia (exportadores de litio como mineral). Chile (produce carbonato e hidróxido de litio con la empresa SQM)	Lejanía de los puertos (puerto más cercano a 300 km de Medellín).
Gobierno colombiano: con el desarrollo de políticas que permitan el ingreso y salida de baterías y su materia prima.	Concientización y culturización de las empresas.
	Aumento del mercado chino y existencia de grandes productores de pilas y baterías a nivel mundial, generando una figura de monopolio.
	El alto contrabando en el país, donde cerca del 15% del mercado de pilas en Colombia son de contrabando.
	Posibles altos costos de importación de la materia prima (litio u otros materiales).
	El transporte de baterías es peligroso y requiere permisos ambientales.

Fuente: (Corporación Ruta N, 2015).

Gráfico 17 Nivel de madurez de las baterías



Fuente: Adaptado de *Nivel de Madurez* [Gráfico], por Corporación Ruta N, 2015 (Recuperado desde www.brainbookn.com)

Del anterior gráfico se pueden evidenciar las siguientes conclusiones:

- Las baterías avanzadas de plomo ácido se categorizan dentro de un mercado emergente que apenas inicia su desarrollo.
- Las baterías Redox de Vanadio se encuentran en una etapa media del nivel emergente.
- Tanto las baterías de metal-aire, como los ultra capacitores de grafeno están en la última etapa emergente y están a un paso de iniciar su etapa de crecimiento.
- Las baterías de litio y el almacenamiento de energía se encuentran en la etapa de crecimiento, estando las primeras próximas a entrar en una etapa de madurez.
- Sólo el almacenamiento en vehículos eléctricos/híbridos se encuentra en una etapa inicial de madurez.

- Las baterías de ácido plomo y níquel cadmio se encuentran en una etapa de saturación, lo cual refuerza la necesidad de realizar el cambio de estas baterías por las que se encuentran en estado emergente o de crecimiento.

3.6.1.2. Precio del litio

“A pesar de que el valor de la tonelada de litio ha crecido de los 6.000 dólares en 2010 a los 9.000 actuales (Fornillo 2015), los costes en baterías han caído un 65 %, llegando a los 300 dólares por kilovatiohora en 2015” (Kazimierski 2018, p.p. 122-123)

De acuerdo a *Finanzas Personales*, en 2011

El precio del carbonato de litio (el componente del litio más consumido en el mundo) alcanzó los US\$7.000 por tonelada. [...]

Se estima que para el año 2020 se produzcan al año 8'000.000 de automóviles híbridos y eléctricos y que cerca del 60% de estos carros utilicen baterías a base de litio. [...]

El 70% de la producción de litio está concentrada en dos empresas, Rock Wood Holdings Inc., con sede en Princeton, Nueva Jersey y Sociedad Química y Minera de Chile, con sede en Santiago. (Finanzas personales, 2011).

Por otra parte, (El Economista (México), 2016), muestra un incremento del 13% del precio del litio del 2002 al 2016, al pasar del \$1.590 a \$7.475 dólares por tonelada (Gráfico 18) que, de acuerdo al medio previamente mencionado, citando a SQM (Minera chilena) se explica

por “una mezcla de alza de precio y mayores volúmenes de venta, pero no creemos que el precio continúe aumentando a estas tasas [...] los niveles actuales de precio responden a una situación coyuntural de corto plazo, impulsada, en parte, por un subsidio del gobierno chino a la industria de autobuses eléctricos.” Tal y como lo muestra en el siguiente gráfico:

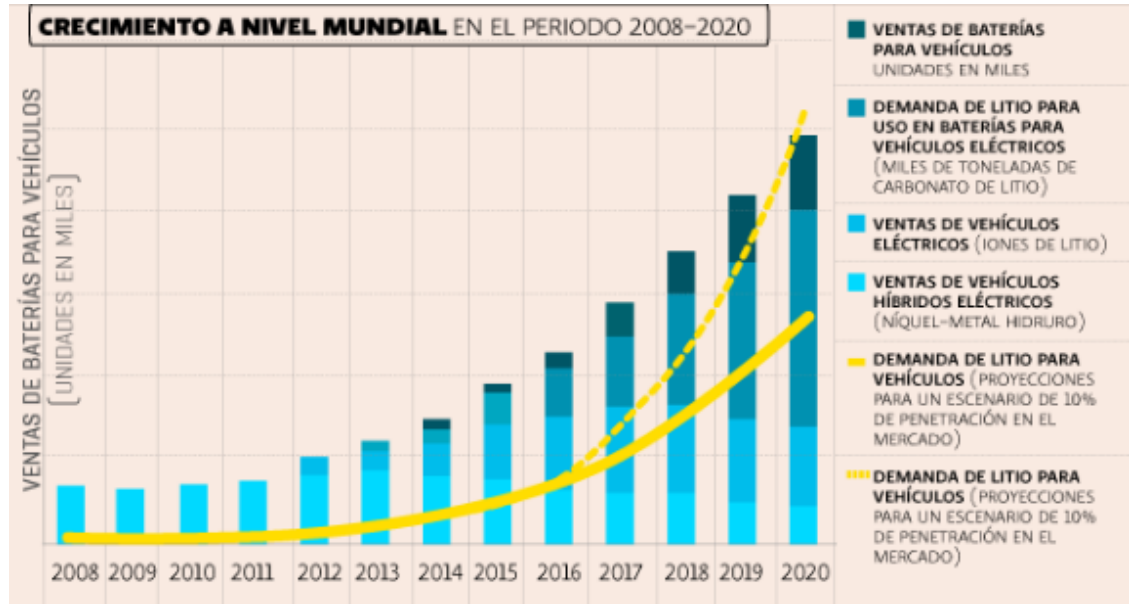
Gráfico 18 Precio por tonelada de litio

EN DÓLARES POR TONELADA MÉTRICA Y VAR ANUAL %		
2016	\$7,475.00	13.00%
2015	\$6,500.00	22.00%
2014	\$5,050.00	13.00%
2013	\$4,390.00	4.00%
2012	\$4,220.00	8.00%
2011	\$3,870.00	-12.00%
2010	\$4,350.00	-4.00%
2009	\$4,530.00	2.00%
2008	\$4,440.00	20.00%
2007	\$3,530.00	34.00%
2006	\$2,320.00	37.00%
2005	\$1,460.00	-18.00%
2004	\$1,720.00	10.00%
2003	\$1,550.00	-3.00%
2002	\$1,590.00	0.00%

Fuente: Adaptado de *Precio por tonelada de litio* [Gráfico], por *El Economista (México)* 2016 (<https://www.americaeconomia.com/conozca-el-b-y-c-del-litio-el-remedio-contr-la-depresion-petrolera-internacional>)

A su vez, este mismo medio muestra un gráfico comparativo entre la producción y la venta de vehículos eléctricos (Gráfico 19), que si bien no explican la demanda del 100% del mercado del litio, sí muestra un comportamiento de oferta y demanda con tendencia al alza:

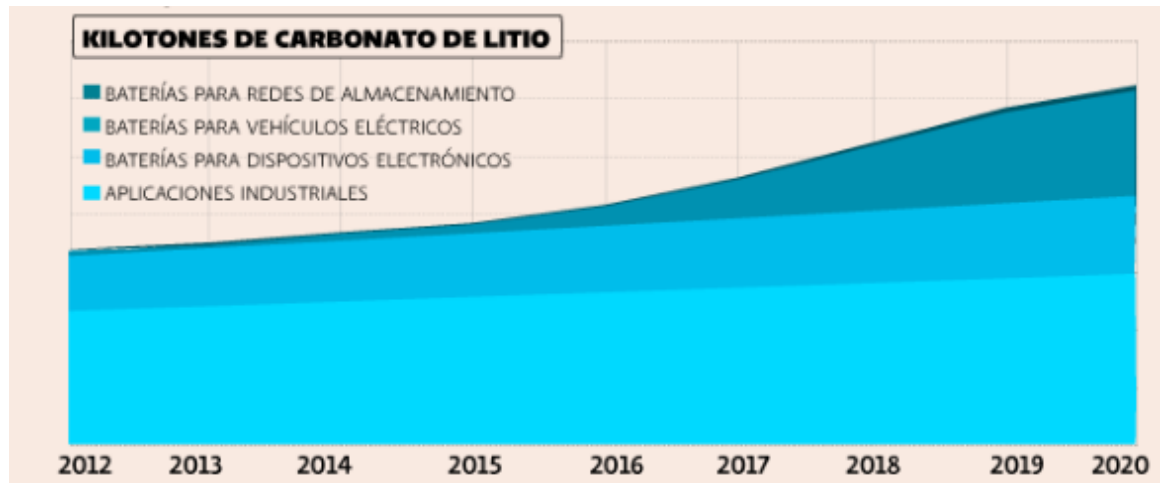
Gráfico 19 Producción de vehículos eléctricos y demanda de litio para baterías eléctricas



Fuente: Adaptado de Producción de vehículos eléctricos y demanda de litio para baterías eléctricas [Gráfico], por *El Economista (México)* 2016 (<https://www.americaeconomia.com/conozca-el-b-y-c-del-litio-el-remedio-contr-la-depresion-petrolera-internacional>)

Por otra parte, este medio cita al estudio realizado por Allied Market Research, en donde exponen el pronóstico de la demanda de litio que, si bien muestra un aumento en todo el mercado, se evidencia un cambio exponencial más alto en la participación de las baterías para redes de almacenamiento y de vehículos eléctricos, (Gráfico 20) explicado en gran parte por el incentivo de ciertos gobiernos como el de China, India, Holanda y Noruega hacia estas alternativas de movilidad.

Gráfico 20 Proyección de la demanda de litio



Fuente: Adaptado de *Proyección de la demanda de litio* [Gráfico], por *El Economista (México)* 2016 (<https://www.americaeconomia.com/conozca-el-b-y-c-del-litio-el-remedio-contra-la-depresion-petrolera-internacional>)

3.6.1.3. Fabricación de baterías de litio

De acuerdo a Eduardo Mártil, (Mártil, 2019):

El proceso de fabricación de una batería de ion-litio se compone por un cátodo, un electrolito y un ánodo diferentes del resto de baterías. Utiliza como **cátodo** colector de corriente una capa de aluminio cubierta con un óxido de cobalto y litio; como **electrolito**, un solvente orgánico en el que se encuentra diluida una sal de litio; y como **ánodo**, un colector de corriente compuesto por una lámina de cobre recubierta con una capa de carbono. [...]

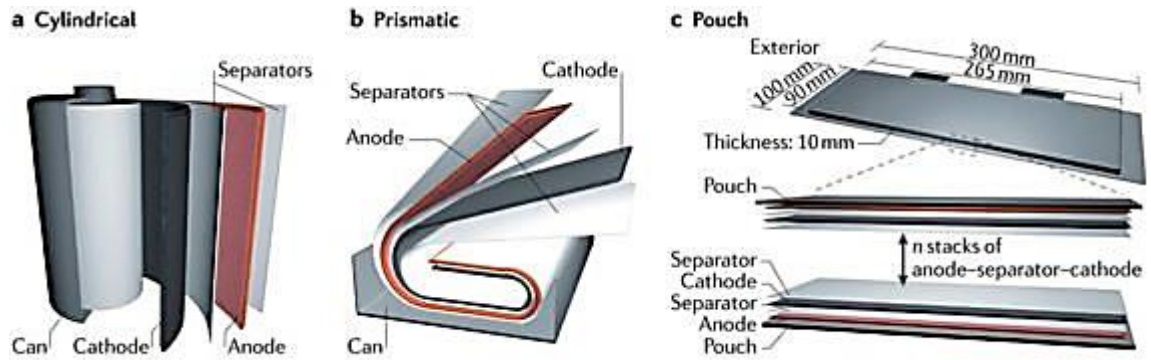
En esencia, en el proceso de fabricación de una cinta magnética, se deposita una capa de óxido de hierro u otra suspensión de óxido metálico a las hojas de cinta, después se secan y se cortan en rollos. Para la fabricación de baterías de iones de litio el proceso es muy similar, solo que ahora, en vez de cintas de materiales plásticos, se utilizan finas láminas de cobre

(ánodo) y aluminio (cátodo), que se recubren con óxidos de cobalto y litio el primero, y de grafito el segundo, se intercala un separador entre ambos electrodos, se envasan y se rellenan con los líquidos que actúan de electrolitos. La secuencia de fabricación, a grandes líneas, es la siguiente:

El proceso **comienza con la formación de “pastas” o amalgamas** que contienen los materiales del cátodo (óxido de cobalto y litio) y los del ánodo (grafito, es decir, carbono). A esas pastas se les **agregan aglutinantes para formar una especie de suspensiones** (de consistencia similar a una pasta de dientes) y tales suspensiones se aplican a las láminas de metal que formarán ambos electrodos, es decir, aluminio y cobre. **Las láminas de cobre y aluminio se introducen en una máquina** donde esas suspensiones se depositan sobre sus superficies. A continuación, las hojas con la suspensión ya depositada se secan y se cortan al tamaño adecuado para insertar en las baterías.

Tras esta operación, **se apilan, insertando láminas separadoras entre ánodo y cátodo y se enrollan formando una espiral**, tras lo que se ensamblan en paquetes cilíndricos o en capas, en función de la geometría de la batería a la que vayan destinadas. Finalmente, **se agrega el electrolito y se sella el conjunto**, quedando terminada la batería. La imagen muestra las diversas geometrías de las baterías comerciales:

Imagen 18 Geometrías más habituales de las baterías de ion-litio

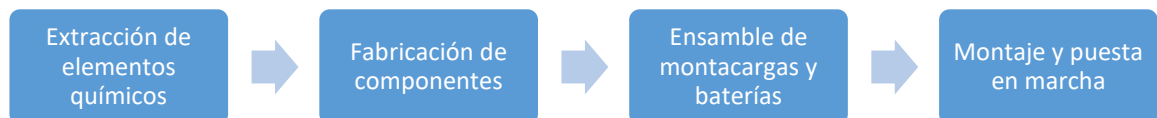


Fuente: Adaptado de *Geometrías más habituales de las baterías de ion-litio* [Imagen], por *Mártel*, 2019 (<https://blogs.cdecomunicacion.es/ignacio/2019/04/23/baterias-de-ion-litio-economia/>)

4. Estudio técnico del proyecto

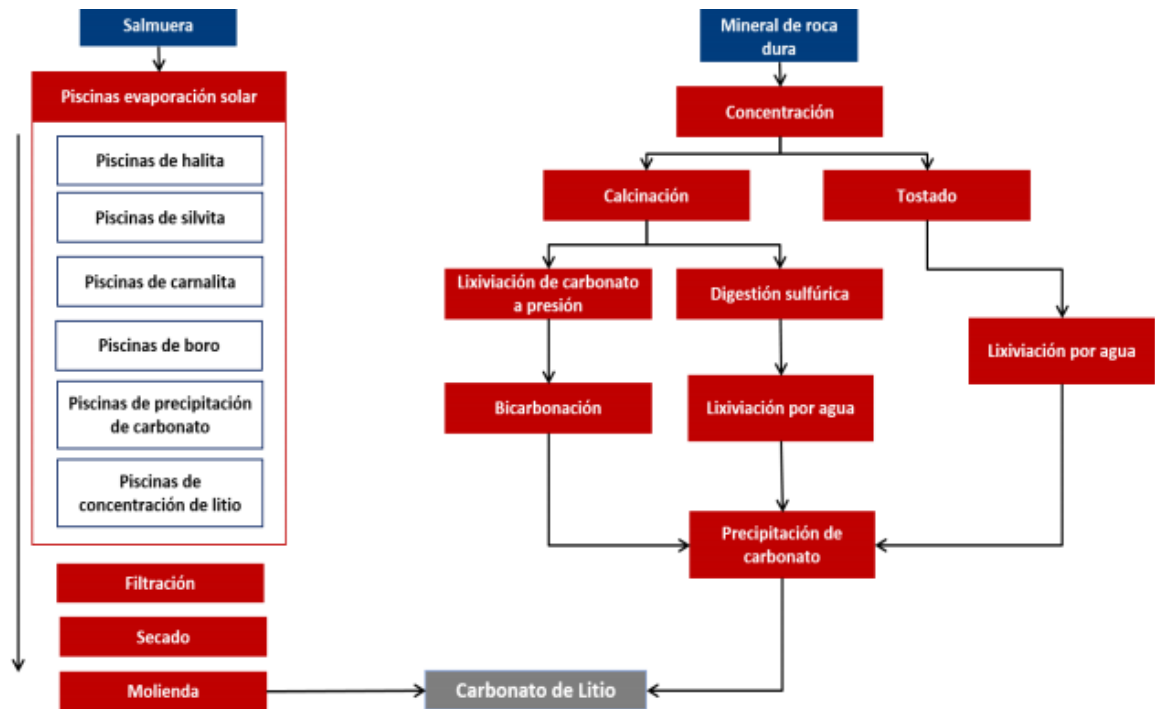
4.1. Consideraciones técnicas de las baterías de litio en equipos eléctricos de manejo de materiales

Imagen 19 Proceso de fabricación de montacargas y baterías



De manera complementaria (CRU Consulting, 2018), ilustra el siguiente proceso productivo del carbonato de litio:

Imagen 20 Proceso de producción de carbonato de litio

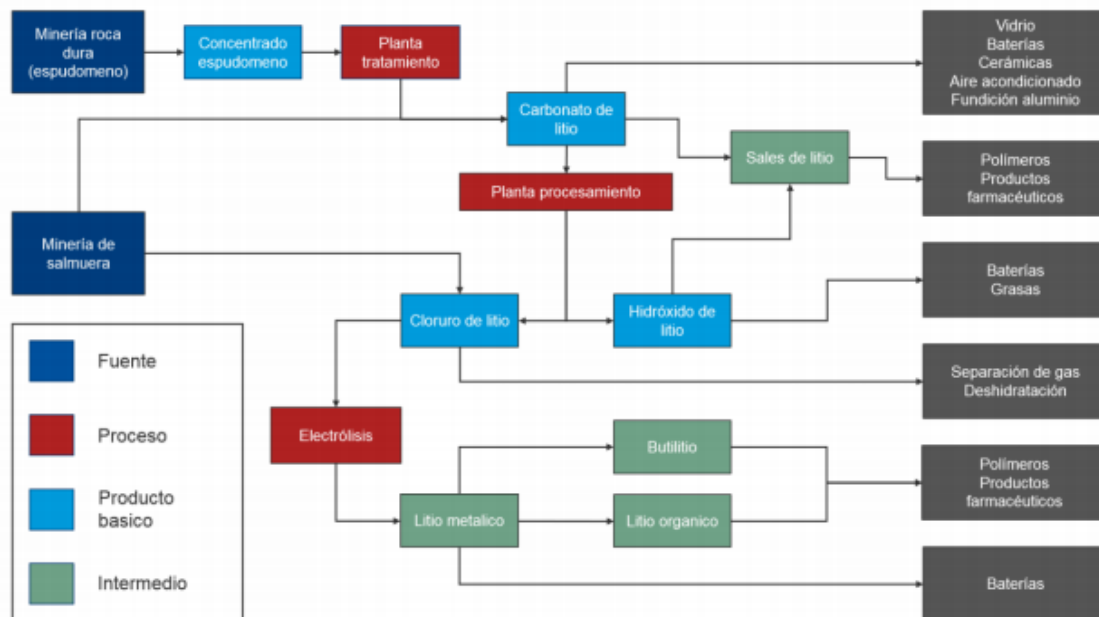


Fuente: Adaptado de *Proceso de producción de carbonato de litio* [Imagen], por CRU Consulting, 2018 (http://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/Datos/mercado-inter/Producto3_Litio_FINAL_11Dic2018.pdf/)

Como se puede evidenciar en la imagen 20, el proceso de extracción del carbonato de litio se realiza según el lugar en donde se encuentre el mineral: salmueras o roca dura. Para el primer caso, el proceso inicia con la disposición de unas piscinas de evaporación solar por mineral, a través de las cuales se filtra, seca y muele el mineral para extraer el carbonato de litio.

Para el segundo caso, se ejecuta el proceso de concentración y luego, de manera paralela, se realiza la calcinación y tueste del mineral para ejecutar los procesos de lixiviación y precipitación para obtener el carbonato de litio.

Imagen 21 Cadena de valor del litio



Fuente: Adaptado de *Cadena de valor del litio* [Imagen], por *CRU Consulting*, 2018 (http://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/Datos/mercado-inter/Producto3_Litio_FINAL_11Dic2018.pdf/)

Luego del proceso de extracción del carbonato de litio, a través de las dos metodologías previamente descritas, según como se muestra en la imagen 21, el mineral puede procesarse con otros productos básicos o intermedios para obtener los productos requeridos para la aplicación en la industria: vidrio, baterías, cerámicas, aire acondicionado, fundición de aluminio, polímeros, productos farmacéuticos, baterías o grasas.

Existe una diferencia representativa entre los equipos eléctricos de manejo de materiales que utilizan baterías de plomo-ácido y las que utilizan litio y radica en que los primeros tienen partes independientes, es decir, la batería es retirada del cuerpo para proceder a hacer su carga, reposo y de acuerdo a la programación, su respectivo mantenimiento.

Para el caso de los equipos que funcionan con baterías de Litio, la tecnología viene integrada; esto quiere decir que la batería no es removible como parte de la operación del equipo, lo que implica que para adoptar la tecnología es necesario realizar un cambio de todo el equipamiento, es decir, de la flota de montacargas, lo que implicaría una inversión completa del activo por parte del interesado de la tecnología. Aún si lo fuera, la tecnología no sería compatible con los montacargas actuales por los requerimientos técnicos de peso entre una batería convencional y la de litio (ésta última es más liviana, por ejemplo).

Esto implica que, si bien la promesa de valor de esta tecnología es que no es necesario su mantenimiento, sí existe un riesgo en su utilización, porque ante algún fallo del sistema operativo no se encuentra disponible en el mercado colombiano algún proveedor con el conocimiento, capacidad instalada y equipamiento para respaldar dichos fallos. Caso contrario ocurre en las baterías de ácido-plomo, en donde hay una oferta diversa de proveedores para su atención. Adicionalmente, en caso de fallo de una batería tradicional, desde el punto de vista operativo de un montacargas, se podría hacer un reemplazo rápido por otra batería y el equipo continuaría con su operación. No ocurriría lo mismo en el caso del litio.

Desde el punto de vista de las promesas de la tecnología por parte de los proveedores oferentes de la misma en Colombia, se muestran las propuestas de valor de cada uno:

- Las siguientes son las promesas del producto que ofrece la compañía (Jungheinrich, 2019):

Beneficios de la tecnología Li-ion:

- **Máxima potencia siempre:** Alto rendimiento constantemente*. Siempre potencia máxima con estabilidad de alto voltaje. Consumo energético reducido hasta en un 20%.
*En comparación con la batería de ácido- plomo
- **Dé vuelta a la carrera más rápido:** Tiempos de carga muy cortos. Alta disponibilidad de la carretilla. Cargas intermedias y extremadamente rápidas. Sin cambio de batería. Cargas con baterías de ácido- plomo: de 8-12 horas. Cargas con baterías de Litio: 1.25 horas
- **Lista para empezar:** Sin tiempos de espera. Sin salas especiales de carga con ventilación. Sin largos y costosos sistemas de carga de baterías. Sin llenado de agua.
- **Sigue en carrera hasta tres veces más:** Vida útil especialmente larga. Tres veces más larga que las baterías de ácido-plomo tradicionales
- **Más resistencia que las demás:** Muy apropiada para operaciones de varios turnos
- **Consiga sus metas con total seguridad:** No es tóxica y no emite gases. Seguimiento y control permanentes. El servicio postventa de Jungheinrich se ocupa del transporte y gestión de residuos.
- **Alto rendimiento con un equipo "Top":** Jungheinrich – El sistema completo. Componentes perfectamente sincronizados. Desarrollo y producción In-House.

- Estas son las características que ofrece el proveedor de la tecnología (Distoyota, 2019):

La solución de ion-litio cuenta con muchos beneficios:

- *Tres veces más duradero que las baterías de ácido- plomo.*
- *30% más eficiente energéticamente.*
- *No necesita mantenimiento de batería.*

- *El cliente puede cargar la batería siempre que lo necesite y donde quiera.*
- *7 años de garantía.*
- *Mejora la seguridad gracias al cargador único de Toyota.*
- *No necesita cambios de batería o salas de carga, por lo que ofrece ahorro en costes y seguridad mejorada.*
- *Funciona eficientemente en áreas a temperatura controlada.*
- *Con la opción de calefacción de la batería para la carga en áreas refrigeradas y operación continua a lo largo del turno.*

En ambos casos, se evidencian como ventajas representativas:

- Ahorro en mantenimiento, pues no se requiere para las baterías de litio.
- No se necesitan cambios de baterías, lo que implica que no se requieren salas de carga.

Desde el punto de vista de la infraestructura, esto conlleva 2 retos: por una parte, al eliminar las salas de carga, los M2 que hoy se utilizan en estas salas se pueden configurar para ampliar las posiciones de estibas para la operación logística, lo que permite tener mayor espacio dedicado a actividades que agregan valor. Sin embargo, por otra parte, implica que se deben realizar reconfiguraciones dentro de los centros logísticos para distribuir de manera eficiente los puntos de carga de estos equipos, de tal manera que, por un lado, se disminuyan los movimientos desde los puntos de operación hacia los puntos de carga; por otro lado, se cumpla con los requisitos técnicos de la capacidad eléctrica para soportar la carga simultánea de los equipos debido a que lo ideal sería utilizar los tiempos no productivos (como los descansos de personal) para realizar la carga de oportunidad.

- Disminución de consumo energético: esto se logra debido a la eficiencia energética de hasta el 30% del litio sobre el ácido- plomo y gracias a la disminución de tiempos de carga que permite estar listos para operar con sólo 1.25 horas de carga.
- Vida útil larga: desde el punto de vista de inversión, se disminuyen las inversiones requeridas en el largo de plazo para reemplazar las baterías de ácido- plomo. Se debe considerar que para el litio se requiere 1 batería para operar 24 horas, en cambio, para ácido- plomo se requerirían de 2-3 baterías por equipo para cumplir con el ciclo de carga-reposo-descarga. Asimismo, estas baterías tienen una vida útil de 1-3 años que dependen del cuidado y uso que se le dé a la batería.
- Sin emisiones de gas: al no requerir de salas de carga ni su mantenimiento correspondiente, se eliminan tanto las emisiones de gas como los riesgos asociados a la manipulación de las baterías que se presentan en las de ácido- plomo

En términos técnicos, como lo explica (Kai Wu, 2012) en su investigación relacionada con el uso de las baterías de litio en vehículos eléctricos híbridos:

Muestran un excelente desempeño en términos electroquímicos bajo una temperatura controlada. Cumple los requisitos para un vehículo eléctricos en términos de densidad de energía y el ciclo de vida. Sin embargo, presenta inflamaciones inesperadas, que son sensibles a condiciones de temperatura, lo que dificulta su comercialización. Los

problemas de gasificación son probablemente la última barrera para la introducción de las baterías de litio en vehículos eléctricos (P. 994)

Al respecto, (Lago, Acevedo, & Quintans, 2012), indican que:

Como inconvenientes hay que mencionar que, debido a la naturaleza de las reacciones químicas del litio, estas baterías no toleran sobrecargas o sobre descargas y que pueden dañarse fácilmente si la estrategia de control no es la adecuada por lo que la seguridad es un problema añadido. Las baterías de Li-ion comerciales suelen tener incorporados sistemas de protección en el propio cuerpo de la batería para limitar las tensiones de carga, de descarga y desconectar las celdas de la carga en el caso de que ocurran sobreintensidades o sobre temperaturas. Otro inconveniente frente a otros tipos de baterías es la mayor impedancia interna que poseen, por lo que, a corrientes de descarga elevadas, por ejemplo, a 1C o 2C, se reduce la capacidad efectiva disponible.

Aunque los proveedores de montacargas que ofrecen la tecnología aseguran que sus productos cumplen con parámetros de seguridad requeridos y no se ha documentado a la fecha algún caso asociado a la inestabilidad de la temperatura en equipos de manejo de materiales, sí se han presentado casos de explosiones de baterías de Litio en Smartphones, lo que ha ocasionado quemaduras sobre los usuarios de los mismos. Aunque no es comparable ni la tecnología, ni el uso, ni el volumen, es importante considerar este aspecto técnico como una probabilidad de ocurrencia en la operación de montacargas, pues en caso de que se presente, generaría daños de grandes magnitudes sobre centros de operación logística en donde se manejan materiales inflamables, lo cual podría derivar en un incendio catastrófico.

Otro aspecto a considerar dentro de la evaluación técnica de las baterías de Litio está asociado a la disposición final de las mismas, una vez cumplan con su vida útil. A la fecha, aún no se ha llegado a dicho momento en la aplicación de los montacargas debido a que el inicio del desarrollo de esta tecnología fue en 2011 y la estimación de la vida útil es de 10 años, sin embargo, se han desarrollado análisis en aplicaciones de Smartphones y vehículos eléctricos. Desde este punto de vista, se deben considerar que pueden existir diferentes formas de disponer de estas baterías, dentro de las que se encuentran, o dar un segundo uso a las mismas o recuperar los componentes.

Respecto del primer caso, (Durán, 2017), identifica diferentes aplicaciones bajo las cuales se puede dar un segundo uso a las baterías: soporte a energías renovables, soporte energético en el hogar, sistemas de alimentación ininterrumpida. En todos los casos se debe considerar que el envejecimiento de estas baterías reduce la capacidad y por ende la eficiencia de la carga, por lo cual, la cantidad de energía disponible para impulsar estos elementos es baja. Esto quiere decir que se requiere de varios módulos para generar la energía necesaria, pero a la vez se debe considerar que el costo de adquirir estas baterías influye directamente en la cantidad disponible de baterías de litio, por lo cual se puede quedar corto el requerimiento energético.

4.2. Estudio de impacto ambiental de baterías de litio

Nina Bertone, en su investigación acerca de la explotación del litio, y haciendo referencia a Gallardo (Bertone, 2012), indica que:

El litio constituye hoy un recurso natural no renovable que despierta la codicia de grupos empresarios dispuestos a obtenerlo a bajo costo y comercializarlo con alto valor: “Un kilo de carbonato de litio cuesta 6 dólares, mientras que una batería de 5 kilos representa 25 mil dólares” (P. 89)

La minería del litio, que forma parte del modelo de extracción de recursos naturales, a diferencia de la minería metalífera a gran escala, no implica la voladura de montañas ni el uso masivo de explosivos y cianuro, pero sí uno de los aspectos más cuestionados en los últimos años: uso monumental de agua en una zona considerada de extrema sequía. De acuerdo con doctor Fernando Díaz, geólogo forense y ambiental independiente, puede estimarse que por cada tonelada de litio extraída se evaporan alrededor de dos millones de litros de agua. (P.94)

Esto quiere decir que el impacto principal en la extracción del litio se refleja en los recursos hídricos. A manera de ejemplo, Juliana Ströbele-Gregor, en su texto *Litio y desigualdades de conocimiento en Bolivia* (Göbel & Ulloa, 2014) muestra que, en Chile, la explotación de litio

[...]ha sido objeto de masivas protestas locales en este país, debido a la reducción del balance hídrico y a la permanente contaminación por partículas de polvo que genera el transporte desde el yacimiento en el salar de Atacama hasta la costa, donde se realiza el tratamiento (p. 142).

[...]Para los frágiles sistemas ecológicos del triángulo del litio en los países andinos, el uso del agua tiene en todo caso intensas consecuencias para el medio ambiente y también para la población que vive en el entorno de los lugares de producción.

[...]. El consumo de agua en la explotación del litio y en los demás centros de producción hace necesario acceder a reservas de agua subterránea, que se renuevan únicamente en periodos muy extensos (Molina Carpio 2007). Esto perjudica la agricultura y la ganadería de los campesinos indígenas en esas regiones áridas. En los casos en que se carece de plantas de tratamiento modernas, las aguas servidas, sobre todo de los centros productivos secundarios, suponen otra carga adicional. Finalmente, la intervención en el paisaje, mediante la construcción de grandes piscinas de evaporación e instalaciones de producción, ahuyenta a los turistas, quienes constituyen un factor económico tanto en el desierto de Atacama como en el salar de Uyuni. Todos esos factores van en contra de la población local, en su mayoría campesinos indígena (p157- 158).

Respecto de la población del Salar de Uyuni y la actividad que la comunidad desarrolla en dicho lugar:

[...]La región del salar de Uyuni tiene una densidad poblacional muy baja (0,8 hab/km²). Si se toma en cuenta el índice de necesidades básicas insatisfechas, el 95% de la población vive en pobreza extrema: únicamente el 10% de los suelos de la región sudoeste se pueden aprovechar para la agricultura, y en ellos cerca del 80% de los campesinos cultivan quinua y papas. El 70% de la producción está destinada al autoconsumo. Otra actividad importante es la crianza de camélidos (que ocupa el 60% de los suelos) para el autoconsumo y el comercio.

Las condiciones del suelo, del clima, del agua y de la vegetación obligan tradicionalmente a las comunidades a combinar diferentes actividades económicas: desde 1990 se dedican también al creciente turismo, que ofrece ingresos estacionales. Según el Plan de Desarrollo de Potosí 2008-2012 (Prefectura 2009), en relación con el medio ambiente de esta región hay un conjunto de «macro problemas»:

- a. Elevados índices de contaminación de suelos y fuentes superficiales y subterráneas de agua por la actividad minera.
- b. Disminución peligrosa de recursos hídricos debido al uso incontrolado de aguas superficiales y subterráneas para las actividades extractivas.
- c. Contaminación del salar de Uyuni debido a la falta de saneamiento básico y a los desechos tóxicos y contaminantes de la minería y el turismo.
- d. Quema y tala indiscriminada de cobertura vegetal nativa y exótica.
- e. Escasa educación e incumplimiento de la normativa y reglamentos para el manejo sostenible de los recursos naturales y el medio ambiente (p159- 160).

De acuerdo a lo expuesto previamente, se puede concluir que el impacto ambiental de la extracción del litio genera un deterioro sobre las fuentes hídricas de las zonas en las cuales se encuentra el mineral. De manera consecuente, esto se traduce en un impacto social y ambiental sobre las comunidades que rodean las zonas de extracción, afectando sus fuentes de agricultura, ganadería, salubridad y economía.

Si bien la promesa del uso de baterías de Litio se enfoca en la disminución del consumo energético y en la emisión de gases (CO₂), cuando se evalúa de manera integral la cadena productiva, incluyendo el proceso de extracción, se evidencia el impacto negativo sobre el

agua, por lo cual no se puede concluir que sea una tecnología sostenible ni amigable 100% con el ambiente ni con la comunidad.

4.3. Políticas y condiciones legales para la implementación del uso de baterías de litio en Colombia

Para realizar el análisis en Colombia, se muestra primero una referenciación de políticas públicas en otros países para que sea un punto de comparación frente al caso colombiano.

Uno de esos países sobre los que se hace referencia es Bolivia debido a que tiene salares de Litio y toma relevancia conocer cómo definen sus políticas sobre este mineral. Tom Perreault indica (Göbel & Ulloa, 2014):

[...] Particularmente, en el sector minero, la normatividad sigue siendo débil, puesto que las normas específicas necesarias para su implementación no existen. En la práctica, la consulta se limita a foros públicos destinados a informar a las poblaciones afectadas sobre los impactos de las actividades extractivas y a recabar las opiniones de sus miembros. Dado que el proceso no es vinculante, ni el Estado ni las compañías extractivas se ven obligados a responder a las preocupaciones de las comunidades (P115).

[...]El elemento central del proyecto gubernamental de Evo Morales, y su partido MAS, son los amplios y extensos derechos de la población a la participación, para lo

cual se creó un marco legal, político y administrativo en la Constitución Política del Estado, aprobado el 7 de febrero del 2009. No obstante, la práctica contradice en múltiples maneras este bien jurídico y los discursos políticos. El gobierno interpreta a discreción los derechos a la participación: ignora los derechos territoriales de las poblaciones indígenas locales cuando estos no coinciden con sus intereses, y se obvian los aspectos ambientales o se declaran como un obstáculo para el desarrollo económico (por ejemplo, en el conflicto por la construcción de una carretera en el territorio indígena TIPNIS. Véase, entre otros, Fundación Tierra 2012). De esta manera, las constelaciones del conflicto pronosticadas por Svampa se han cumplido (p. 150)

Lo anterior quiere decir que desde este país en donde se practica la extracción del mineral no existen políticas proteccionistas del medio ambiente y de las poblaciones afectadas por su extracción, por lo cual, se puede generar una explotación desregulada del mineral, generando impactos irreversibles sobre el medio ambiente y las comunidades circundantes. De esta forma, las compañías dedicadas a la extracción del carbonato de Litio pueden obtener grandes beneficios del mineral, sin tener una responsabilidad obligante sobre la protección ambiental y social derivada de esta actividad.

En Colombia, la normatividad relacionada con la eficiencia energética indica:

(Mejía, 2014)

1. Ley 697 de 2001: Fomento del uso racional y eficiente de energía.

2. Decreto 3683 de 2003: aplicación de programas en la cadena para la eficiencia energética.
3. En 2010 se adoptó el plan de acción indicativo 2010-2015, en donde se definieron claramente los objetivos para el ahorro energético en Colombia.

En un ejercicio comparativo frente al caso de España, el autor nos muestra los avances en Colombia en términos de la legislación para la eficiencia energética. Se toma este país como referente debido a su gran desarrollo productivo en lo denominado “energías verdes”, es decir, todas aquellas energías provenientes de fuentes naturales, como eólicas, hidrológica y solar

Tabla 8. Matriz comparativa entre políticas de España y Colombia

POLÍTICA	ESPAÑA	COLOMBIA
MARCO LEGISLATIVO		
Legislación general	Directiva de Eficiencia Energética 2012/27/UE vigente, respecto a las Directivas 2006/32/CE y 93/76/CEE.	Ley 697 de 2001 sobre el uso racional y eficiente de la energía.
Agencia de eficiencia	Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).	No existe.
Planes de acción	Planes de Acción en Eficiencia Energética (PAEE) obligatorios	Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE
Objetivos de ahorro	Objetivo para reducir un 20% del consumo de energía primaria para el 2020 (con respecto a las previsiones de consumo energético para el mismo año realizadas en 2005).	Objetivos globales a 2015 (14,75% en electricidad y 2,1% en otros energéticos), con metas sectoriales y ahorros anuales a partir de 2010 (Resolución 180919 de 2010)
EDIFICIOS		
Requerimientos de desempeño energético en edificios	Código Técnico de la Edificación CTE (Real Decreto 31472006 y 1371/2007)	No existe
Certificado energético	Real Decreto 235/2013.	No existe
Objetivo de ahorro	Documento Básico de Ahorro de Energía del CTE	No existe
Requerimientos de instalaciones térmicas	Reglamento de Instalaciones Térmicas RITE (Real Decreto 1027/2007 y 1826/2009)	No existe
ILUMINACIÓN		
Requerimientos de desempeño energético	Documento Básico HE.3 para iluminación interior y Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior (Real Decreto 1890/2008)	Reglamento Técnico para Iluminación y Alumbrado Público RETILAP (Resolución 181331 de 2009 y modificaciones).

POLITICA	ESPAÑA	COLOMBIA
Retiro de lámparas	Retiro de lámparas incandescentes y algunas halógenas (Reglamento 244/2009/CE).	Retiro de lámparas incandescentes hasta 2013 (Decreto 2331 de 2007 y modificaciones).
Reglamentación sobre diseño ecológico.	Reglamento 245/009/CE	
Reglamento 1194/2012/UE	No existe	
Reglamentación sobre etiquetado.	Reglamento 874/2012/UE	No existe
ELECTRODOMÉSTICOS Y EQUIPOS		
Requerimientos de desempeño energético.	Diseño Ecológico (Real Decreto 187/2011).	No existe
Etiquetado energético	Etiquetas obligatorias algunos electrodomésticos, luces y equipos (Real Decreto 1390/2011).	En desarrollo. Etiquetado voluntario.
TRANSPORTE		
Estándares de Ahorro de Energía	Para autos (Reglamento 443/2009/CE) y vehículos comerciales livianos (Reglamento 510/2011/UE). No para camiones.	No existe
Etiquetado de Economía de Combustible	Autos: sí; camiones: no (Real Decreto 837/2002 y Reglamento 1222/2009/CE).	No existe
Incentivos fiscales	Renovación automóviles a través de incentivos financieros.	No existe
INDUSTRIA		
Regulación de eficiencia energética.	No existe	No existe
MEPS para motores eléctricos	IE3 para motores trifásicos <7,5 kW en 2015; todos IE3 (IE2 + variador de velocidad) en 2017 (Reglamento 640/2009/CE).	Voluntaria
SUMINISTRO ENERGÉTICO		
Cogeneración	Directiva 2004/8/CE	Resolución 005 de 2011
Ahorro obligatorio	No existe	No existe
INSTRUMENTOS ECONÓMICOS		
Sector industrial y comercial.	Incentivos financieros y permisos de emisión negociables para el sector eléctrico y ciertas industrias.	Medidas fiscales limitados a los planes indicativos del PROURE.
Sector residencial y particulares.	Planes de incentivos para renovación (electrodomésticos, vehículos, etc.).	No existe

Fuente: (Mejía, 2014)

Como se puede evidenciar en la anterior matriz comparativa, Colombia todavía tiene grandes vacíos en políticas públicas que regulen e incentiven la eficiencia energética en las diferentes aplicaciones industriales, por lo cual existen limitantes en la aplicación de nuevas tecnologías de eficiencia energética como las baterías de Litio. Estos vacíos

implican, por una parte, que no se garantizaría realmente un desarrollo sostenible debido a que no existe una protección a los derechos de la población en el uso del medio ambiente, beneficiando así a las iniciativas empresariales por encima de las iniciativas sociales.

Por otra parte, los vacíos políticos generan un riesgo en la implementación de dichas tecnologías, que se pueden reflejar tanto en las malas prácticas en su ciclo de vida como en altos costos de introducción debido a la falta de incentivos que permitan migrar del uso de minerales tradicionales.

5. Análisis financiero

5.1.Resultado del análisis financiero de la implementación de las baterías de litio vs baterías de ácido-plomo

Para el análisis financiero de las baterías se tomaron los siguientes datos:

Tabla 9. Datos para cálculo financiero

Concepto	Euros	TRM	COP
Costo batería ácido- plomo	2.500 €	\$ 3.588,00	\$ 26.910.000
costo batería Litio	3.977 €	\$ 3.588,00	\$ 14.269.476
Vida útil ácido plomo		3 años	Nota: para lograr una operación de 24 horas son necesarias 3 baterías para garantizar los ciclos de carga, reposo y descarga
Vida útil litio		10 años	
Depreciación AP	\$ 8.970.000,00		
Depreciación Li	\$ 1.426.947,60		
Mantenimiento anual	\$ 5.040.000,00		
Inflación anual		4,5%	

WACC

30%

Nota: Se utiliza como referencia un 30% de tasa de descuento debido a que es la utilizada en el sector comercio para proyectos de inversión, el cual es el principal usuario del sector logístico

Fuente. Elaboración propia

Tabla 10. Escenarios comparativos baterías ácido plomo vs baterías litio.

Nota: Valores corrientes

ESCENARIO 1: BATERÍAS ÁCIDO- PLOMO						
Concepto	0	1	2	3	4	5
Estado de pérdidas y ganancias del proyecto						
Ahorro generado (Renta)						
Valor residual Activos fijos		\$ 17.940.000,00	\$ 8.970.000,00	\$ -	\$ 17.940.000,00	\$ 8.970.000,00
Mantenimiento		\$ 5.040.000,00	\$ 5.266.800,00		\$ 5.751.477,27	\$ 6.010.293,75
Depreciación		\$ 8.970.000,00	\$ 8.970.000,00		\$ -	\$ -
Utilidad Operativa	\$ -	\$ 3.930.000,00	-\$ 5.266.800,00	\$ -	\$ 12.188.522,73	\$ 2.959.706,25
Flujo de Caja del proyecto						
Ahorro generado (Renta)						
Valor residual Activos fijos		\$ 17.940.000,00	\$ 8.970.000,00		\$ 17.940.000,00	\$ 8.970.000,00
Total ingresos	\$ -	\$ 17.940.000,00	\$ 8.970.000,00	\$ -	\$ 17.940.000,00	\$ 8.970.000,00
Inversión	\$ 26.910.000,00	\$ -	\$ -	\$ 26.910.000,00	\$ -	\$ -
Mantenimiento		\$ 5.040.000	\$ 5.266.800	\$ -	\$ 5.751.477	\$ 6.010.294
Depreciación		\$ 8.970.000	\$ 8.970.000	\$ -	\$ 8.970.000	\$ 8.970.000
Total egresos	-\$ 26.910.000,00	-\$ 14.010.000,00	-\$ 14.236.800,00	-\$ 26.910.000,00	-\$ 14.721.477,27	-\$ 14.980.293,75
Saldo Neto	-\$ 26.910.000,00	\$ 3.930.000,00	-\$ 5.266.800,00	-\$ 26.910.000,00	\$ 3.218.522,73	-\$ 6.010.293,75
VPN		-\$30.572.112,36				
TIR		#¡NUM!				
TVR		-189%				
ESCENARIO 2: BATERÍAS DE LITIO						
Concepto	0	1	2	3	4	5
Estado de pérdidas y ganancias del proyecto						
Ahorro generado (Mmto y depreciación)		\$ 14.010.000	\$ 14.236.800	\$ -	\$ 14.721.477	\$ 14.980.294
Mantenimiento		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Depreciación		\$ 1.426.948	\$ 1.426.948	\$ 1.426.948	\$ 1.426.948	\$ 1.426.948
Valor residual Activos fijos	\$ -	\$ 12.842.528,40	\$ 11.415.580,80	\$ 9.988.633,20	\$ 8.561.685,60	\$ 7.134.738,00
Utilidad Operativa	\$ -	-\$ 259.476,00	\$ 1.394.271,60	-\$ 11.415.580,80	\$ 4.732.844,07	\$ 6.418.608,15
Flujo de Caja del proyecto						
Ahorro generado (Mmto y depreciación)		\$ 14.010.000	\$ 14.236.800	\$ -	\$ 14.721.477	\$ 14.980.294
Valor residual Activos fijos		\$ 12.842.528	\$ 11.415.581	\$ 9.988.633	\$ 8.561.686	\$ 7.134.738
Total ingresos	\$ -	\$ 26.852.528,40	\$ 25.652.380,80	\$ 9.988.633,20	\$ 23.283.162,87	\$ 22.115.031,75
Inversión	\$ 14.269.476					
Mantenimiento		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Depreciación		\$ 1.426.948	\$ 1.426.948	\$ 1.426.948	\$ 1.426.948	\$ 1.426.948
Total egresos	-\$ 14.269.476,00	-\$ 1.426.947,60	-\$ 1.426.947,60	-\$ 1.426.947,60	-\$ 1.426.947,60	-\$ 1.426.947,60
Saldo Neto	-\$ 14.269.476,00	\$ 25.425.580,80	\$ 24.225.433,20	\$ 8.561.685,60	\$ 21.856.215,27	\$ 20.688.084,15
VPN		\$28.265.076,41				
TIR		163%				
TRV		15%				

Fuente. Elaboración propia

Dados los anteriores datos, se puede evidenciar que en el escenario 1 relacionado con el uso de baterías de ácido- plomo, la VPN arroja un resultado de -30.572.112 y una TVR de -189%, lo cual indica que el uso de este tipo de baterías no es viable desde el punto de vista financiero. En cambio, en el escenario 2, que corresponde a las baterías de litio, la VPN es de \$28.265.076, una TIR 163% y TVR 15%, lo cual evidencia una alta viabilidad de la implementación de esta tecnología desde el punto de vista financiero.

En este ejercicio comparativo entre invertir en baterías de ácido- plomo se puede evidenciar que si bien es cierto que el valor unitario de las baterías de litio es superior a las de ácido- plomo, la ventaja operativa del tiempo de carga permite realizar una diferencia en la inversión inicial, pues para una operación de 24 horas se requiere 1 batería de litio, frente a 3 de ácido- plomo. Adicionalmente, los beneficios del mantenimiento y la vida útil compensan en el largo plazo la inversión inicial. Esto va a ser beneficioso o no para una compañía, dependiendo de sus prioridades financieras, pues en este ejercicio el beneficio se evidencia en el OPEX sobre el CAPEX y en contextos en los cuales no exista una gran capacidad de inversión, es mejor optar por la tecnología de ácido- plomo.

Se debe considerar que este es un ejercicio comparativo exclusivamente asociado a las baterías, sin embargo, como se evidenció en el apartado técnico, para el caso del litio, la inversión se debe realizar en el equipo completo, es decir, montacargas o estibador eléctrico con la batería de litio integrada, por lo cual, en un ejercicio real, se deberá considerar una renovación completa del activo.

Es importante, sin embargo, considerar el mercado del sector logístico colombiano, que como se explicaba en el numeral 3.2, está compuesto en un 92.2% por pequeñas y micro empresas que se enfrentan al dilema de invertir en tecnología que no sea el Core de su negocio. A su vez, los costos logísticos representan el 17.6% para pequeñas empresas y 24.1% para micro y el componente de almacenamiento corresponde a un 46.5%. Cualquier inversión en flota de montacargas para operación bajo techo se verá reflejada en este costo, por lo cual esta puede ser una barrera significativa para la aplicación de la tecnología en el contexto colombiano.

Por otra parte, como se pudo evidenciar en dicho numeral, las alternativas de logística verde están enfocadas en la logística de última milla, es decir, del último punto de contacto con el cliente, mientras que el 19.4% se enfoca en el manejo eficiente de la energía en los centros de distribución, un 13.9% en la reducción de emisiones de CO2 en actividades logísticas y un 11.1% en un uso de combustibles alternativos para la flota de transporte.

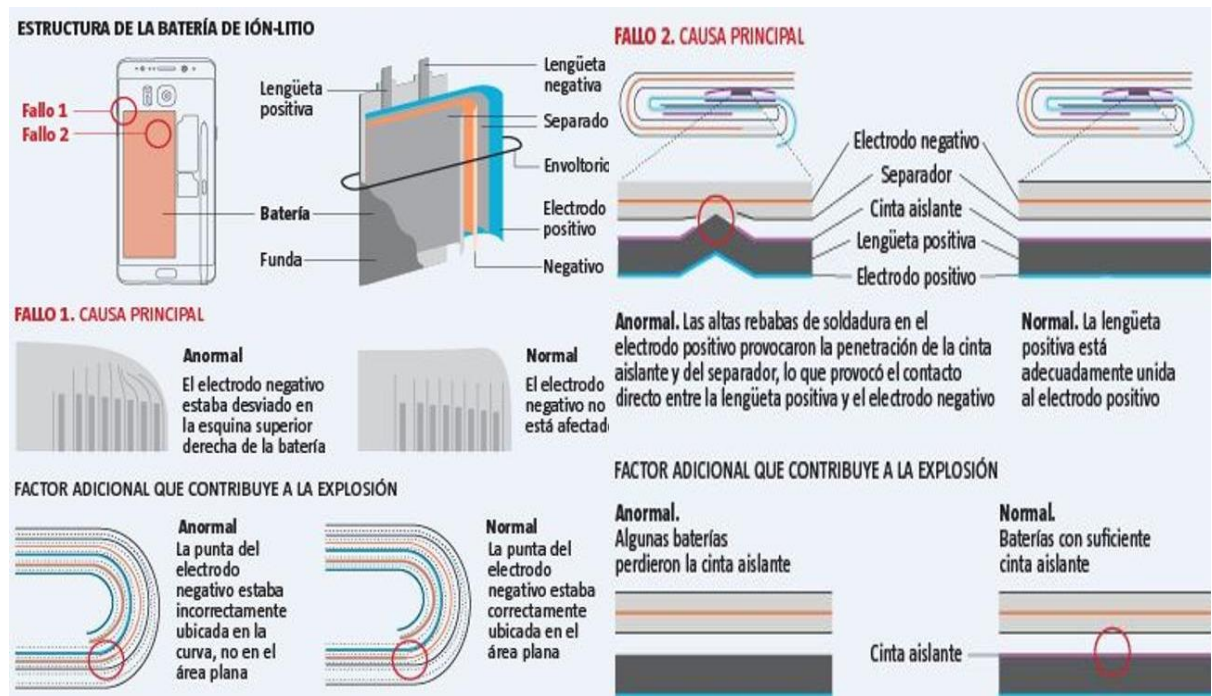
5.2. Análisis de riesgos

5.2.1 Riesgo de inestabilidad de la temperatura del litio

Uno de los riesgos sobre los cuales se hará énfasis en este punto será el relacionado con la inestabilidad de la temperatura, pues en caso de que ocurra, se podría generar una explosión de la batería, que en un contexto de un centro logístico que almacena productos altamente inflamables, podría derivar en una pérdida total de un centro de distribución.

Aunque a la fecha no hay registros oficiales de que se hayan presentado explosiones en el uso de este tipo de baterías en montacargas, sí se han presentado públicamente reportes relacionados con la explosión de baterías en smartphones, que han ocasionado quemaduras y muertes en sus usuarios. Uno de los casos más sonados fue el del Samsung Galaxy Note 7 que, en su lanzamiento en agosto del 2016, a pocas semanas de su distribución, comenzó a recibir reportes de incendios y explosiones, lo que generó la prohibición de su uso en vuelos comerciales y en el transporte público. Meses después de investigaciones, Samsung estableció que dichas explosiones se debieron a un error en la fabricación de las baterías (Bracero, 2018).

Imagen 22 El caso del Galaxy Note 7 como ejemplo



Fuente: Adaptado de *El caso del Galaxy Note 7* [Imagen], por Bracero, 2018 (<https://www.lavanguardia.com/tecnologia/20180918/451869918455/explosion-incendio-bateria-ordenador-movil.html>)

Si bien no se puede generalizar ni es comparable de manera directa, el caso de los Smartphones (Imagen 22) con los montacargas, es importante considerar esta casuística del litio como naturaleza de su comportamiento. Es claro que los casos de explosiones de los celulares son bajos en comparación con la cantidad de dispositivos que circulan en el mundo y en parte se han presentado debido al mal uso por parte de sus dueños: dejarlos conectados por mayor tiempo del debido, usar cargadores diferentes al original, hacer cambios de baterías que no corresponden con las características del original, dejar que se presenten descargas profundas, exponer el dispositivo a temperaturas superiores a 55°C o a cambios bruscos de temperatura, estar en contacto con humedad o polvo, usar el dispositivo mientras se está cargando o ignorar señales como recalentamiento del dispositivo o inflamación de la batería (Redacción Tecnósfera, 2019).

5.2.2 Riesgo social de la extracción de litio

En *La minería de litio en Atacama: disputas sociales alrededor de un nuevo mineral estratégico*, Barbara Göbel (Göbel & Ulloa, 2014) analiza la nueva tendencia en la valorización global de la naturaleza de América Latina y el rol estratégico que tienen ciertas materias primas de la región, como el litio, para el desarrollo de la llamada economía verde.

Por sus características específicas, el litio se ha convertido en el elemento clave para el desarrollo de tecnologías verdes con bajas emisiones de carbono. Sin embargo, esta mayor

sustentabilidad produce insustentabilidades en las regiones periféricas proveedoras de litio. A nivel local, la instalación de la minería para la extracción de este elemento ha desencadenado disputas sobre la participación, la distribución y la compensación (p. 28-29).

Existen conflictos derivados de la política extractivista del litio. Si bien genera un interés económico alto por parte de las grandes compañías mineras de Canadá, Estados Unidos y Australia; en un mismo nivel se generan tensiones sobre la comunidad asentada en cercanía a los salares, pues, aunque el gobierno les da un discurso positivo respecto de los beneficios que se pueden derivar de la actividad minera, no ha demostrado en acciones la minimización del impacto negativo que se genera de la extracción.

Es cierto que las multinacionales generan ingresos para la comunidad debido a que se activan necesidades derivadas de la operación, como, por ejemplo, la necesidad de vivienda, alimentación y servicios para los empleados de la extracción, así como la generación de empleos para la comunidad misma. También es cierto que el Gobierno se beneficia de la inversión extranjera que las mineras realizan en el territorio, pero no existen acciones determinantes que eviten las desigualdades y la compensación por el impacto socioambiental que se genera con la extracción. Según (Göbel & Ulloa, 2014):

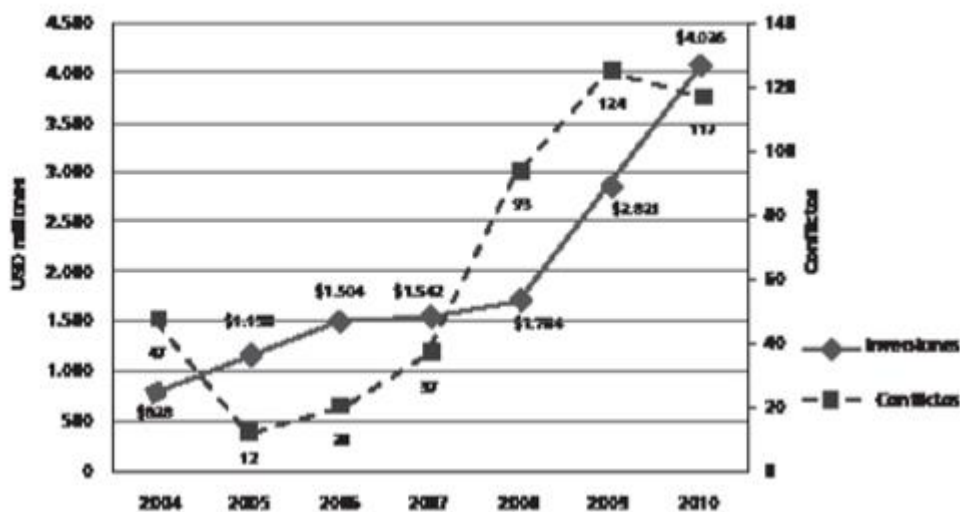
[...]El sector estatal se presenta como ineficiente y burocratizado frente a un pujante sector privado; es el mercado y no el Estado el que debe regular la actividad económica, por lo cual los resultados económicos desiguales se naturalizan; la creciente informalidad

se convierte en una posibilidad económica y en una consecuencia intrínseca de la inoperatividad estatal; los nuevos empresarios informales, en su mayoría migrantes campesinos, se deben constituir en el nuevo motor de la sociedad de mercado y abandonar sus lastres culturales estatistas o comunalistas (P. 43).

[...] Desde su entrada al país, estas empresas han hecho significativos esfuerzos por crear una imagen de seriedad y responsabilidad socioambiental en la opinión pública y, por medio de campañas publicitarias, han querido ingresar a la esfera pública nacional dando a conocer sus inversiones en infraestructura, programas sociales y cuidados medioambientales principalmente. En este empeño han coincidido las empresas, el gremio extractivo e inclusive el Estado, cuyo mensaje general ha sido que existe una minería responsable, que es pieza fundamental para el desarrollo del país (P.44)

El autor Gerardo Damonte en (Göbel & Ulloa, 2014) nos muestra en la siguiente figura el análisis de correlación entre las inversiones mineras y los conflictos socioambientales, aplicado para el caso peruano.

Gráfico 21 Correlación entre las inversiones mineras y los conflictos socioambientales



Fuente: Adaptado de Correlación entre las inversiones mineras y los conflictos socioambientales [Gráfico], (Göbel & Ulloa, 2014)

Al respecto, hace referencia a Barrantes, Zárate y Durand:

[...] Como muestran varios trabajos, no hay una correlación positiva significativa entre presencia minera y desarrollo económico o social en la mayoría de estos territorios. En cambio, sí se encuentra evidencia de recurrentes problemas ambientales en dichos territorios (López 2000). Las características económicas de la minería actual —como actividad de baja oferta de trabajo, bajo nivel de eslabonamiento productivo y de uso intensivo de recursos como agua y tierra— limitan la posibilidad de que esta se convierta en un motor de desarrollo local. Es por esto que el Estado ha diseñado una política económica de compensación territorial, conocida como «canon minero», por medio de la cual el 50% de la

renta de esa actividad se distribuye regionalmente, en especial entre los territorios «productores» para compensarlos por la extracción de sus recursos minerales y el uso de sus recursos naturales (P.54).

5.2.2 Matriz de riesgos

Se realiza una matriz en la cual se califican los riesgos de acuerdo a la probabilidad e impacto de su materialización:

Tabla 11. Matriz de Riesgos

Evento	Probabilidad por año	Impacto si ocurre Min (\$k)	Impacto si ocurre Med (\$k)	Impacto si ocurre Max (\$k)	Impacto medio (\$k)
Incendios por Inestabilidad temperatura	1.0%	40000	50,000	57500	491.67
Falta de disponibilidad de personal	5.0%	234	292	336	14.36
Variación de moneda extranjera	20.0%	400	500	575	98.33
Cambios en regulaciones para su manejo	15.0%	80	100	115	14.75
Falta de disponibilidad de entidad	15.0%	40	50	58	7.38
Falta de disponibilidad de inversión	30.0%	800	1,000	1150	295.00
Falta de disponibilidad de litio	30.0%	1600	2,000	2300	590.00
Daños por descargas profundas en la	20.0%	800	1,000	1150	196.67
Protestas indígenas en zonas de	15.0%	1600	2,000	2300	295.00
Falta de disponibilidad de proveedores	5.0%	80	100	115	4.92
Totales		45,634	57,042	65,598	2,008.07

Fuente: Elaboración propia.

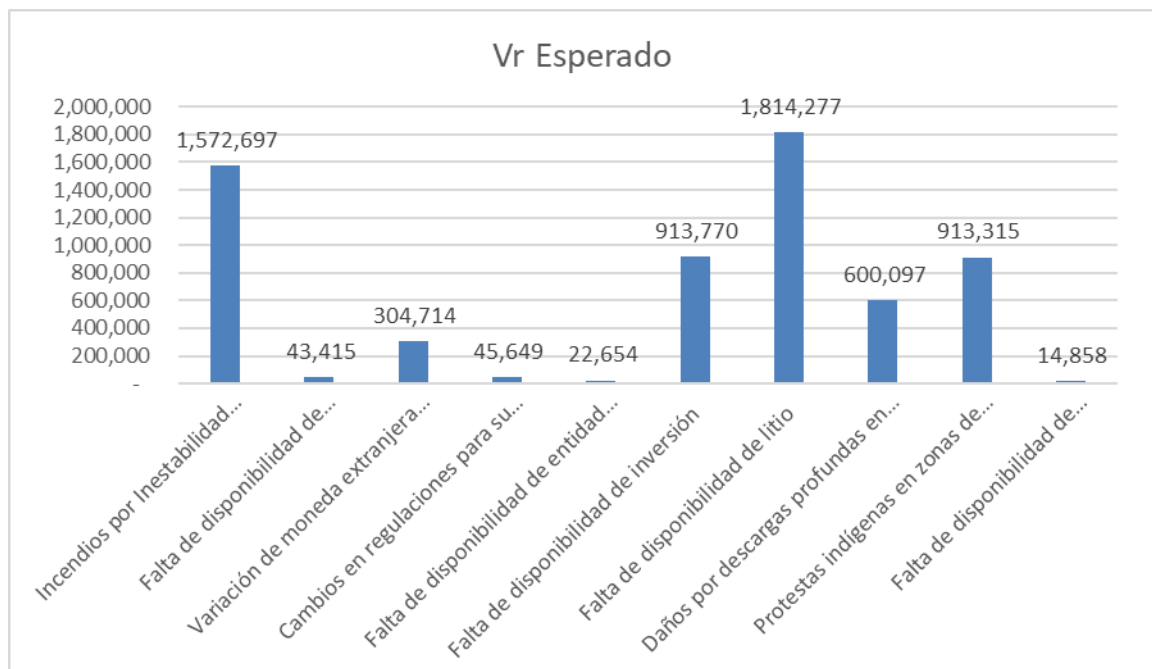
Los eventos previamente identificados, así como su determinación de probabilidad e impacto se definen basados en la experiencia desarrollada por la autora en el sector. Se realizan validaciones con 5 expertos en el sector para que de acuerdo a su criterio identifiquen tanto la probabilidad como el impacto que tendrían estos eventos.

Se debe considerar que la inestabilidad de la temperatura puede causar explosiones que deriven en un incendio. Considerando el hecho de que se trata de un equipo eléctrico que se encuentra operando dentro de un centro logístico, en el cual, tanto la mercancía como el embalaje y los elementos operativos son altamente inflamables, se simula un escenario en el

cual no existan mecanismos efectivos de protección contra incendios, lo que deriva en una propagación rápida y completa del centro de distribución. En caso de que este riesgo se materialice, sería totalmente inviable la implementación del proyecto, pues deriva en una pérdida total del negocio.

Acorde con lo expuesto en los dos párrafos previos, se parte de un análisis cualitativo de riesgos y luego se realiza un análisis cuantitativo. Para ello se utiliza la función de distribución de Poisson, con el fin convertir una matriz de impacto en una matriz de frecuencias. Para realizar este ejercicio de simulación, se utiliza el programa @RISK® de Palisade, con base en los resultados probabilísticos de la herramienta *RiskPoisson*, acorde con las notas de clase elaboradas en el curso de análisis de riesgo, universidad EAFIT

Gráfico 22 Valor esperado de los riesgos identificados según simulación



Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que la falta de disponibilidad del litio es el evento que arroja un mayor valor esperado de \$1.814.277; seguido de los incendios por inestabilidad de temperatura, con un valor de \$1.572.697; además de la falta de disponibilidad de inversión, con un valor de \$913.770; las protestas indígenas en zonas de extracción \$913.315 y los daños profundos por descargas inferiores al 10% \$600.097, afectando así el VPN de la siguiente manera:

Tabla 12. Flujo de caja probabilístico

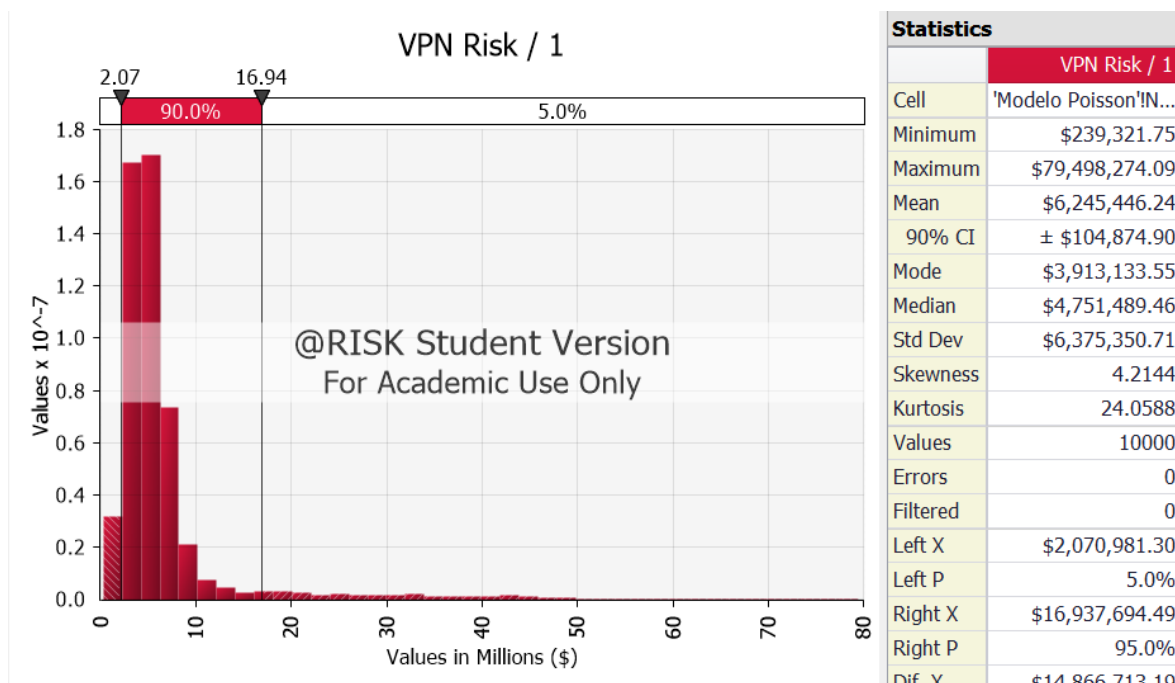
Periodo	Impacto si ocurre (Dolares)										VPN Riesgo	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Incendios por inestabilidad temperatura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Falta de disponibilidad de personal técnico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Variación de moneda extranjera (Euro/dólar)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cambios en regulaciones para su manejo	-	-	-	106,355.8	90,568.7	-	-	-	-	-	-	61,630.9
Falta de disponibilidad de entidad reguladora	-	47,292.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27,984.0
Falta de disponibilidad de inversión	-	995,524.7	896,397.4	-	-	911,362.0	-	-	2,032,089.0	-	-	1,377,515.3
Falta de disponibilidad de litio	-	-	-	-	-	#####	1,846,592.1	-	-	-	4,042,284.0	973,294.1
Daños por descargas profundas en la operación	951,844.7	-	-	-	-	#####	-	1,047,885.1	-	-	-	1,076,590.4
Protestas indígenas en zonas de extracción	-	-	2,050,157.4	-	-	-	-	-	-	-	-	933,162.2
Falta de disponibilidad de proveedores críticos	-	-	-	-	-	-	-	91,383.7	-	-	-	11,202.7
Total Año	951,845	1,042,818	2,946,555	106,356	90,569	3,815,808	1,846,592	1,139,269	2,032,089	4,042,284	4,461,380	

Fuente: Elaboración propia.

WACC	30%
VPN Risk	\$ 4.461.379,52
VPN Proyecto	\$ 28.265.076,00
VPN Real	\$ 22.068.446,00
Prob (Risk >= 28,265,076)	2,27%

Fuente: Elaboración propia.

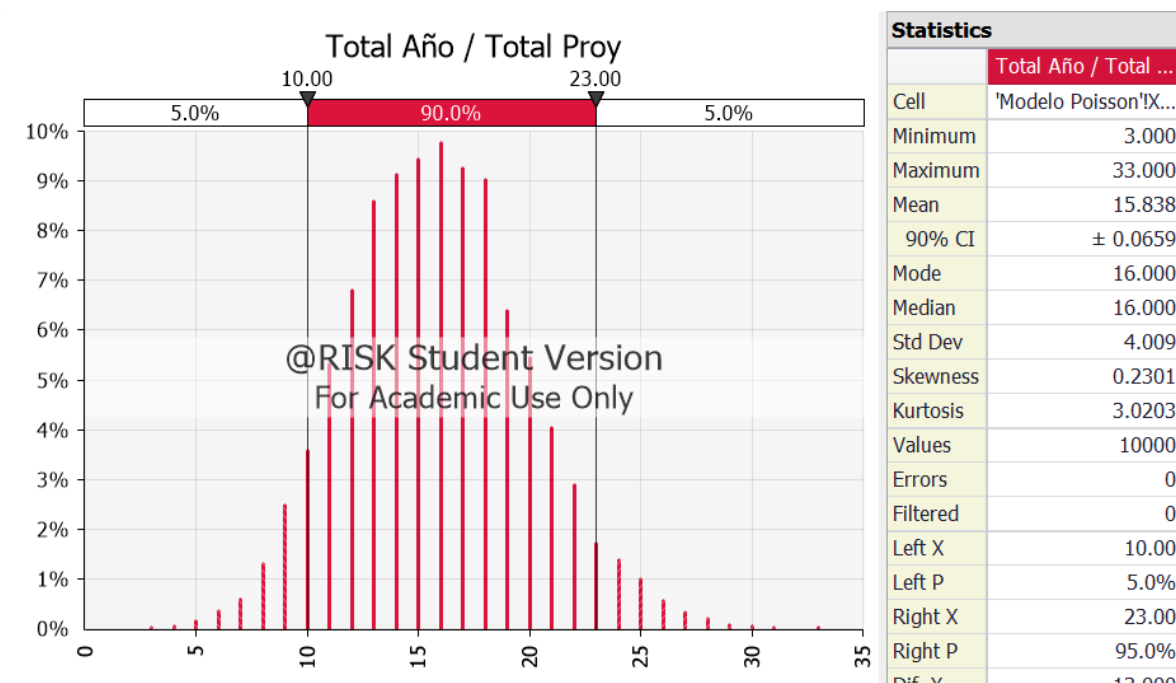
Gráfico 23. VPN Risk



Fuente: Elaboración propia con @risk

Considerando una simulación de 10.000 iteraciones y tomando un WACC de 30%, el VPN real sería de \$22.068.446, disminuyendo así la rentabilidad del proyecto en \$ 6.196.630, sin embargo, hay que considerar que, aún bajo los escenarios de riesgo propuestos, el proyecto no dejaría de ser viable, además, vale la pena resaltar que se tiene un VPN libre de riesgo del 62%, con una probabilidad de que el VPN de riesgo sea mayor al VPN del proyecto del 2.27%, evidenciando que el proyecto es viable, es decir, en estas circunstancias se recomienda desde el punto de vista financiero realizar el cambio de las baterías de ácido-plomo por las baterías de litio.

Gráfico 24. Matriz de frecuencias



Fuente: Elaboración propia con @risk

Al analizar la matriz de frecuencias, se observa que la probabilidad de que se presenten de 10 a 23 eventos durante el periodo de evaluación del proyecto es del 90%, con una media de 15 eventos, y una desviación de 4.09.

6. Conclusiones

El litio se presenta como una alternativa altamente atractiva para las industrias que requieren de una capacidad de almacenamiento de energía para el funcionamiento de dispositivos electrónicos. Su composición química le permite alcanzar grandes niveles de conductividad térmica y eléctrica, por lo cual se requieren realizar cargas cortas con

duraciones largas en el uso de dispositivos y es una alternativa que deja de lado la dependencia de energías fósiles que han generado cuestionamientos de carácter económico y ambiental por su alto impacto en la capa de ozono.

Estos cuestionamientos han generado cambios en el comportamiento social, ambiental y económico. A nivel empresarial, esto se traduce en un compromiso con la sostenibilidad, el cual, en Colombia, se ha visto como uno de los mayores exponentes, al catalogarse como el quinto país que más reportes de sostenibilidad pública tiene.

Particularmente, en el sector logístico, estos cuestionamientos se han manifestado a través de la implementación de la llamada “logística verde” que incluye iniciativas de uso de vehículos alternativos y manejo eficiente de la energía en los centros de distribución. En este último, es importante considerar el proceso de carga de los montacargas, que consume un 10% de la energía total del centro de distribución.

Desde el punto de vista de la tecnología del litio frente al ácido- plomo, tanto los oferentes de los mismos, como las investigaciones han evidenciado una disminución en el tiempo de carga, emisión de gases, eliminación del mantenimiento y cuartos de carga y un aumento en la vida útil de la batería, así como la capacidad de carga. Sin embargo, el riesgo de la inestabilidad de la temperatura, la deficiencia en la infraestructura para su transporte seguro, la falta de políticas y condiciones legales que permitan tanto incentivar su uso como su manejo y disposición final, así como el impacto ambiental y social

derivado de la explotación del mineral a través de la erosión del agua, se convierten en grandes barreras para implementar esta tecnología de lleno en el sector logístico colombiano.

Se recomienda considerar la integralidad de los aspectos que rodean la implementación de la tecnología (riesgos, inversión, aspectos técnicos, políticas y condiciones legales), así como la postura empresarial frente a la cadena de impacto ambiental para decidir si apuesta o no a esta tecnología

BIBLIOGRAFÍA

- Acciona. (09 de Agosto de 2019). *Sostenibilidad para todos*. Obtenido de <https://www.sostenibilidad.com/desarrollo-sostenible/que-es-la-sostenibilidad/>
- Aguilar, F., & Zeller, L. (Mayo de 2012). *LTIO El Nuevo Horizonte Minero*. Obtenido de CENTRO DE DERECHOS HUMANOS Y AMBIENTE (CEDHA): <http://center-hre.org/wp-content/uploads/2012/06/INFORME-LITIO-FINAL...pdf>
- Anthony, M. (2018). La productividad de la bodega aumenta gracias a las nuevas capacidades de los montacargas. *Industria Alimenticia*, 21-22.
- Archibold Barrios, W., Aguilera Villafañe, L., & Escobar Castillo, A. (2017). Revisoría fiscal y sostenibilidad empresarial en Colombia. *ECONÓMICAS CUC*, 77-88.
- Bedoya, M. P. (30 de Mayo de 2019). "Colombia está en el top cinco de los países que más reportan sostenibilidad". *La República*, pág. 1.
- Bertone, N. (2012). Salinas Grandes, Explotación del litio y demandas comunales. *Debates Latinoamericanos*, 88-101.
- Bracero, F. (18 de 09 de 2018). *Por qué explota una batería*. Obtenido de Diario la Vanguardia : <https://www.lavanguardia.com/tecnologia/20180918/451869918455/explosion-incendio-bateria-ordenador-movil.html>
- Cámara de Comercio de Bogotá. (01 de 05 de 2020). *Cámara de Comercio de Bogotá*. Obtenido de <https://linea.ccb.org.co/descripcionciiu/>
- Canals-Casals, L. A.-G. (2014). SECOND LIFE FOR ELECTRIC CAR BATTERIES: GOOD IDEAS - BAD BUSINESSES. *DYNA*, 46-50.
- Corporación Ruta N. (2015). *Observatorio CT+i: Informe No. 1*. Medellín: Recuperado desde www.brainbookn.com.
- CRU Consulting. (11 de Diciembre de 2018). *Litio Caracterización y análisis de mercado internacional de minerales en el corto, mediano,*. Obtenido de http://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/Datos/mercado-inter/Producto3_Litio_FINAL_11Dic2018.pdf
- De Pacheco, R. A. (2006). Responsabilidad social empresarial: ¿llegó para quedarse? *Debates IESA*, 44-48.

- Derco . (11 de 04 de 2020). Obtenido de Montacargas Derco:
<https://montacargasderco.com/>
- Distoyota. (Abril de 2019). Obtenido de <https://toyota-forklifts.es/nuestra-oferta/gama-de-productos/toyota-litio/>
- Distoyota Equipos industriales. (17 de 06 de 2020). Obtenido de <https://distoyotaequiposindustriales.com/>
- Durán, D. (2017). *Estudio para la reutilización de baterías de coches eléctricos para nuevas aplicaciones en segunda vida* . Barcelona: UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA.
- E McCallister S.A.S. (11 de 04 de 2020). Obtenido de <http://mcallister.com.co/>
- El Economista (México). (10 de Diciembre de 2016). Conozca el A, B y C del litio, el remedio contra la depresión petrolera internacional. *AmericaEconomia*, <https://www.americaeconomia.com/conozca-el-b-y-c-del-litio-el-remedio-contra-la-depresion-petrolera-internacional>. Obtenido de <https://www.americaeconomia.com/conozca-el-b-y-c-del-litio-el-remedio-contra-la-depresion-petrolera-internacional>
- Finanzas personales. (05 de 11 de 2011). *Finanzas Personales*. Obtenido de Invierta en Litio, el mineral del futuro: <https://www.finanzaspersonales.co/invierta-a-la-fija/articulo/invierta-en-litio-el-mineral-del-futuro/37748>
- Fornillo, B. (2018). "La energía del litio en Argentina y Bolivia: comunidad, extractivismo y posdesarrollo". *Colombia Internacional*, 179-201.
- Galoso, M. C. (2018). EL LITIO: QUE NO SEA OTRA OPORTUNIDAD PERDIDA. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 173-174.
- Giraldo, J. D. (2010). *Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para el montacargas eléctrico Crown 30-WTL (Proyecto de grado Ingeniería mecánica)*. Medellín, Antioquia: Universidad EAFIT.
- Göbel, B. -C., & Ulloa, A. -C. (2014). *Extractivismo minero en Colombia y América Latina*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Grúas y aparejos. (14 de 06 de 2020). *Grúas y aparejos*. Obtenido de <https://www.gruasyaparejos.com/montacargas/tipos-de-montacargas/>
- Hamel, J. (2011). Celdas, pilas y baterías de ion-litio una alternativa para...???. *Journal Boliviano de ciencias* , 40-47.

- Hyster. (14 de 06 de 2020). *Hyster Latinoamérica*. Obtenido de <https://www.hyster.com/latin-america/es-mx/rango-de-productos/veh%C3%ADculos-montacargas-de-gran-capacidad/>
- IDEAM. (25 de 08 de 2019). *IDEAM*. Obtenido de http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/Temp_Med_Anual.pdf
- Jungheinrich. (Abril de 2019). *Jungheinrich Colombia*. Obtenido de Jungheinrich Colombia Web Site: <https://www.jungheinrich.co/resource/blob/415714/fa16363238a4cc10afccb3e38baf062c/li-ion-argumenter-infographic-data.pdf>
- Kai Wu, J. Y. (2012). Investigation on Li₄Ti₅O₁₂ batteries developed for hybrid electric vehicle. *Journal of Applied Electrochemistry*, 989-995.
- Kazimierski, M. (2018). Almacenamiento Energético Frente Al Inminente Paradigma Renovable: El Rol De Las Baterías Ion-Litio Y Las Perspectivas Sudamericanas/Energy Storage towards the Imminent Renewable Paradigm: The Role of Ion-Lithium Batteries and South American Perspectives. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana De Estudios Socioambientales*, 108-122.
- Koel, J. (2013). Que debe saber sobre el montacargas ideal para su empresa. *Industria Alimenticia*, 56-58.
- Lago, A., Acevedo, J. M., & Quintans, C. (2012). *MODELADO Y SIMULACIÓN DE UNA BATERÍA DE ION-LITIO COMERCIAL MULTICELDA*. <https://www.researchgate.net/publication/234588217>.
- Lomiko Metals Inc. (13 de Septiembre de 2018). *¿La guerra comercial de Trump con China les preocupa a los proveedores de grafito en láminas y fabricantes de baterías de ión-litio chinos?* Obtenido de Business Wire (Español): <https://www.businesswire.com/news/home/20180913006097/es>
- Machado, C. A. (2010). Gestión energética empresarial una metodología para la reducción de consumo de energía. *Producción + Limpia ISSN-e 1909-0455, Vol. 5, N° 2 (julio-diciembre), 2010*, 107-126. Obtenido de Producción Más Limpia.
- Mártel, I. (23 de 04 de 2019). *cdecomunicacion.es*. Obtenido de Baterías de ion-litio: consideraciones económicas: <https://blogs.cdecomunicacion.es/ignacio/2019/04/23/baterias-de-ion-litio-economia/>
- Mecalux. (14 de 06 de 2020). *Mecalux*. Obtenido de <https://www.mecalux.com.co/manual-almacenaje/montacargas/montacargas-trilateral>

- Mejía, G. (2014). Estudio comparativo entre la legislación de eficiencia energética de Colombia y España. *Revista EAN*, 122-135.
- Mercado Libre. (11 de 04 de 2020). *Mercado libre*. Obtenido de [https://listado.mercadolibre.com.co/montacargas-electricos#D\[A:montacargas%20electricos,L:undefined\]](https://listado.mercadolibre.com.co/montacargas-electricos#D[A:montacargas%20electricos,L:undefined])
- Murcia, J., Díaz, F., Medellín, V., Ortega, J., Santana, L., González, M., . . . Baca, C. (2009). *Proyectos, formulación y criterios de evaluación*. Bogotá, D.C.: Alfaomega.
- Observatorio Nacional de Logística. (09 de 04 de 2020). *Observatorio Nacional de Logística*. Obtenido de <https://onl.dnp.gov.co/es/>
- Project Management Institute, Inc. (2017). *La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)/ Project Management Institute*. Newton Square, Pennsylvania EE.UU.: Project Management Institute.
- Pulgarín, J. F. (2016). *Recuperación de cobalto y litio de baterías ion-litio por métodos no convencionales (Trabajo de grado de Maestría)*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Redacción Tecnósfera. (17 de 12 de 2019). *¿Por qué la batería de su celular podría explotar o incendiarse?* Obtenido de El tiempo: <https://www.eltiempo.com/tecnosfera/novedades-tecnologia/por-que-se-explota-un-celular-por-que-se-incendian-las-baterias-419260>
- Royal America. (11 de 04 de 2020). *Royal America*. Obtenido de <https://royalamerica.com/co>
- Ruiz, M. Á. (2018). Montacargas, transporte indispensable del mundo industrial. *Revista de Logística*, <https://revistadelogistica.com/almacenamiento/montacargas-transporte-indispensable-del-mundo-industrial/>.
- Sánchez, L., Vásquez, C., & Vilorio, A. (2018). Políticas públicas en el sector suministro de energía e indicadores energéticos del desarrollo sostenible en Latinoamérica. *Compendium*, vol. 21, núm. 41, 2018, <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=88057719004>.
- Tecnodelsa. (07 de Abril de 2020). *Tecnodelsa*. Obtenido de <https://www.tecnodelsa.com/tag/apilador/>
- Unimaq S.A. (11 de 04 de 2020). Obtenido de <https://www.unimaq.com/>

- Uribe-Macías, M. E., Vargas-Moreno, O. A., & Merchán-Paredes, L. (2018). La responsabilidad social empresarial y la sostenibilidad, criterios habilitantes en la gerencia de proyectos. *Revista entramado*, 52-63.
- Vargas-Chávez, I., & Marrugo-Salas, L. (2015). La Responsabilidad Social Empresarial Como Criterio Orientador Para La Sostenibilidad Y La Ética De Las Actividades Del Sector Bancario. *Revista Juridicas*, 42-57.