

**Beneficios de la aplicación de la logística inversa para el hardware de ti en compañías
prestadoras de servicios de telecomunicaciones**

Hernán Darío Rincón Osorio

Jeison David López Novoa

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería

Especialización en Gerencia de Procesos Logísticos en Redes de Valor

Bogotá, Colombia

Julio 2025

**Beneficios de la aplicación de la logística inversa para el hardware de ti en compañías
prestadoras de servicios de telecomunicaciones**

Hernán Darío Rincón Osorio

Jeison David López Novoa

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:
Especialista en Gerencia de Procesos Logísticos en Redes de Valor

Director (a):

Karla Nathalia Triana Ortiz

Modalidad:

Monografía

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería

Especialización en Gerencia de Procesos Logísticos en Redes de Valor

Bogotá, Colombia

Julio 2025

Agradecimientos

Agradecemos en primer lugar a Dios, por brindarnos la fuerza, sabiduría y perseverancia necesarias para culminar exitosamente este trabajo. A nuestras familias, por su amor incondicional, apoyo constante y comprensión en cada etapa de este proceso. Expresamos nuestro sincero agradecimiento a la tutora de trabajo de grado, Karla Nathalia Triana, por su orientación, paciencia y valiosos aportes, los cuales fueron fundamentales para el desarrollo de esta monografía.

Finalmente, extendemos nuestra gratitud a todas aquellas personas que, de manera directa o indirecta, contribuyeron con su ayuda, motivación y consejo, haciendo posible la realización de este proyecto.

Resumen

La monografía titulada "Beneficios de la Aplicación de la Logística Inversa para el Hardware de TI en Compañías Prestadoras de Servicios de Telecomunicaciones " aborda el problema ambiental derivado del creciente volumen de desechos electrónicos. Según la Plataforma de Naciones Unidas para los Desechos Electrónicos, en 2019 se generaron 53.6 millones de toneladas métricas de desechos electrónicos a nivel mundial, con una proyección de aumento del 38% para 2030, subrayando la urgencia de implementar medidas efectivas de gestión y reciclaje. En Colombia, uno de los mayores generadores de basura electrónica en América Latina y el Caribe, Bogotá contribuye significativamente a esta problemática. La investigación argumenta que la implementación de la logística inversa en las compañías de telecomunicaciones, podría ser una solución eficaz. Esta práctica permitiría rescatar y reutilizar materiales y componentes de hardware de TI, reduciendo la explotación de recursos naturales y protegiendo el medio ambiente.

El objetivo principal de la investigación es destacar los beneficios ambientales y económicos de la logística inversa en las empresas de telecomunicaciones. Se reconocen los desafíos específicos que enfrentan estas compañías, como la rápida obsolescencia tecnológica y la seguridad de la información, los cuales deben ser abordados de manera responsable y proactiva.

Mediante la revisión de la literatura y el análisis de bases de datos en el marco conceptual y teórico, la monografía ofrece una base sólida para comprender la problemática y las posibles soluciones. Incluye definiciones clave, un análisis de la normativa en Colombia y modelos de implementación de logística inversa a nivel mundial.

En conclusión, la investigación propone que la gestión de desechos electrónicos en las empresas de telecomunicaciones se aborde mediante la implementación de la logística inversa, con el fin de obtener beneficios ambientales, económicos y sociales tanto a nivel empresarial como comunitario.

Palabras clave: logística inversa, hardware, telecomunicaciones, impacto ambiental, sostenibilidad, recursos naturales, desecho.

Abstract

The monograph titled "Benefits of Implementing Reverse Logistics for IT Hardware in Telecommunications Service Companies in the City of Bogotá" addresses the environmental challenge posed by the increasing production of electronic waste. According to the United Nations E-waste Platform, it is estimated that 53.6 million metric tons of electronic waste were generated globally in 2019, with a projected increase of 38% by 2030. This underscores the need for effective management and recycling measures.

In Colombia, one of the largest producers of electronic waste in Latin America and the Caribbean, Bogotá significantly contributes to this issue. The study argues that implementing reverse logistics in telecommunications companies in Bogotá could be a valuable solution. This practice involves recovering and reusing materials and components from IT hardware, thus reducing the overexploitation of natural resources and protecting the environment.

The main objective of the research is to highlight the environmental and economic benefits of reverse logistics in telecommunications companies. It acknowledges the unique challenges these companies face, such as rapid technological obsolescence and information security, which must be addressed responsibly and proactively.

Through a literature review and database analysis presented in the conceptual and theoretical framework, the monograph provides a solid foundation for understanding the problem and potential solutions. It includes key definitions, an analysis of the regulatory situation in Colombia, and models of reverse logistics implementation worldwide.

In conclusion, the research proposes addressing electronic waste management in telecommunications companies in Bogotá through the implementation of reverse logistics,

aiming to achieve environmental, economic, and social benefits at both the corporate and community levels.

Keywords: reverse logistics, hardware, telecommunications, environmental impact, sustainability, natural resources, waste

Contenido

Introducción	14
Planteamiento del Problema	16
Objetivos.....	21
Objetivo general.....	21
Objetivos específicos	21
Justificación	22
Marco Teórico.....	24
Conceptos y Definiciones de Logística Inversa.....	24
Dispositivos Eléctricos y Electrónicos.....	28
Clasificación de los AEE y RAEE.....	30
Marco Normativo de la Gestión de RAEE	32
Beneficios de la Logística Inversa en el Contexto Nacional	34
Beneficios en Compañías de Diversos Sectores Productivos.....	34
Beneficios Ambientales	38
Beneficios Económicos.....	40
Beneficios Sociales	41
Desafíos en la Implementación de Logística Inversa	43
Estrategias para la Gestión Efectiva de la Logística Inversa	45
La Logística Inversa en la Gestión de Residuos Electrónicos en un Contexto Global	46

Convenio de Basilea	49
Protocolo de Montreal.....	50
Convenio de Estocolmo	50
Contexto Regional	51
Contexto Local.....	52
Experiencias Significativas en Logística Inversa en la Gestión del hardware de T.I	
Utilizado en el Sector de las Telecomunicaciones.....	53
Experiencias Internacionales en Logística Inversa en la Gestión del Hardware de T.I en	
el Sector de las Telecomunicaciones	53
Especificidades de experiencias en el sector de las telecomunicaciones - Caso	
Colombia.....	67
Diseño del Instrumento de Medición.....	68
Aplicación del Diseño del Instrumento de Medición	69
Resultado y Análisis	69
Conclusiones	82
Limitaciones.....	84
Recomendaciones	85
Bibliografía	86
Apéndice	97
Apéndice A. Cuestionario.....	97

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Acciones De Implementación Logística Verde</i>	18
Figura 2 <i>Costo Logístico Nacional</i>	18
Figura 3 <i>Ciclo De La Logística Inversa</i>	27
Figura 4 <i>Destino de Un Producto Al Final De Su Vida Útil</i>	28
Figura 5 <i>Clasificación De Aparatos Eléctricos Y Electrónicos De Acuerdo Con Su Uso</i>	31
Figura 6 <i>Formulación de la Política Nacional RAEE</i>	33
Figura 7 <i>Contexto Mundial Gestión RAEE</i>	47
Figura 8 <i>Ventana De Tiempo Aplicada y Escala</i>	54
Figura 9 <i>Países Con Mayor Número De Publicaciones Objeto De Estudio</i>	55
Figura 10 <i>Principales Autores En Materia De Logística Inversa</i>	55
Figura 11 <i>Proyección De Saturación Equipos Tecnológicos Grecia</i>	57
Figura 12 <i>Patrón Y Curva Que Refleja El Impacto De La Pandemia De Coronavirus</i>	57
Figura 13 <i>Diseño De Red Logística De Reciclaje De Residuos De Telefonía Móvil</i> 60	
Figura 14 <i>Centro De Ciclo De Vida Múltiple Para Productos Electrónicos</i>	61
Figura 15 <i>Resultados De La Evaluación Del Impacto Ambiental De Un Ordenador Personal</i>	62
Figura 16 <i>Ilustración De La Trayectoria Del Promedio De Equipos De Pequeñas Empresas De T.I Cada 3 Años</i>	63
Figura 17 <i>Arquitectura De Una Empresa Prestadora De Servicios En La Nube</i>	64
Figura 18 <i>Modelo Prueba Piloto CE-Iot- UTA</i>	65

Figura 19 <i>Aplicación Emulada Del Modelo Prueba Piloto CE-Iot</i>	66
Figura 20 <i>Procedimiento Metodológico</i>	68
Figura 21 <i>¿Qué tipo de equipos eléctricos y electrónicos utiliza con mayor frecuencia su organización?</i>	69
Figura 22 <i>En promedio, ¿cuántos equipos eléctricos y electrónicos son dados de baja por año?</i>	70
Figura 23 <i>¿Cuenta su organización con un registro o inventario de los RAEE generados?</i>	70
Figura 24 <i>¿Cuál es la principal causa por la que los equipos son dados de baja?</i>	71
Figura 25 <i>¿El almacenamiento cumple con medidas de seguridad y protección ambiental?</i>	72
Figura 26 <i>¿Qué tipo de embalaje o protección se utiliza para los RAEE almacenados?</i>	72
Figura 27 <i>¿La organización tiene un protocolo para la recolección interna de RAEE?</i>	73
Figura 28 <i>¿Quién realiza la recolección de los RAEE?</i>	74
Figura 29 <i>¿Con qué frecuencia se realiza la recolección de RAEE?</i>	75
Figura 30 <i>¿Qué métodos se utilizan para la disposición final de RAEE?</i>	75
Figura 31 <i>¿Se cuenta con evidencia documental del destino final de los RAEE?</i>	76
Figura 32 <i>¿Con qué frecuencia se realiza la disposición final de RAEE?</i>	76
Figura 33 <i>¿La organización conoce la normativa vigente sobre la gestión de RAEE?</i>	77

Figura 34 <i>¿Se han capacitado los empleados sobre el manejo adecuado de RAEE?</i>	77
Figura 35 <i>¿Existe algún responsable o comité asignado a la gestión de RAEE?</i>	78
Figura 36 <i>¿La organización ha obtenido ingresos económicos por la venta o valorización de RAEE?</i>	78
Figura 37 <i>¿Se realiza recuperación o reutilización interna de componentes electrónicos?</i>	79
Figura 38 <i>¿Una gestión adecuada de RAEE ha contribuido a reducir costos operativos o de almacenamiento?</i>	79
Figura 39 <i>¿La gestión adecuada de RAEE ha fortalecido la imagen corporativa o facilitado oportunidades de negocio?</i>	80

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Definición De Logística Inversa</i>	25
Tabla 2 <i>Líneas De Clasificación De Los AEE Aparatos Eléctricos Y Electrónicos</i>	30
Tabla 3 <i>Líneas De Clasificación De Los RAEE Residuos De Aparatos Eléctricos Y Electrónicos</i>	31
Tabla 4 <i>Estructura De Búsqueda Sistemática</i>	54

Introducción

Con el surgimiento de una conciencia ambiental cada vez más sólida y arraigada en diversos sectores económicos, se está impulsado a las empresas a replantear significativamente sus prácticas comerciales y manufactura. En el caso de las compañías prestadoras de servicios de telecomunicaciones a explorar métodos operativos más sostenibles por medio de la implementación de la logística inversa. Este enfoque consiste en la gestión eficiente de los productos una vez que han llegado al final de su vida útil, con el objetivo de minimizar su impacto ambiental y aprovechar los recursos disponibles. En la actualidad, las empresas prestadoras de servicios de telecomunicaciones enfrentan grandes retos relacionados con el manejo adecuado del hardware de tecnología informática (TI) que dejan de usar, ya sea por fallas, actualizaciones o cambios tecnológicos. Esta situación ha hecho que la logística inversa cobre cada vez más importancia, ya que permite recolectar, reutilizar, reciclar o disponer de manera responsable estos equipos, contribuyendo no solo al cuidado del medio ambiente, sino también a la eficiencia operativa y a la reducción de costos.

La presente monografía busca reconocer los beneficios que trae la implementación de la logística inversa para el hardware de TI en las principales compañías de telecomunicaciones. Primeramente, se identifican los conceptos clave que explican de forma clara qué es la logística inversa y cuál es su papel dentro de la cadena de suministro. Luego, se estudiarán casos y prácticas de empresas a nivel nacional que aplican este tipo de gestión, y finalmente, se identificarán los beneficios reales que estas prácticas pueden traer a nivel nacional para las empresas del sector.

Este estudio no solo busca informar al lector sobre la importancia y los impactos que genera la implementación de dicha práctica en el sector, sino que busca contribuir al planteamiento de acciones de mejora y recomendaciones prácticas para las empresas que buscan mejorar su sostenibilidad en consonancia con los estándares internacionales y sus necesidades del mercado.

Planteamiento del Problema

El avance tecnológico ha resultado en la fabricación masiva de dispositivos electrónicos, con el propósito de mejorar la calidad de vida, la eficiencia y la productividad. Sin embargo, esta tendencia conlleva un desafío ambiental significativo debido a la generación masiva de desechos electrónicos.

De acuerdo con las (Naciones Unidas, 2019), se estima que en el año 2019 se generaron aproximadamente 53.6 millones de toneladas métricas de desechos electrónicos, con proyecciones alarmantes de un aumento del 38% para 2030 si no se implementan medidas efectivas de gestión y reciclaje; así mismo, dicho estudio identifica que solo el 20% de los 48.5 millones de toneladas de residuos electrónicos generados son reciclados, lo cual ilustra una tendencia preocupante, ya que se proyecta que para 2050 el mundo podría albergar aproximadamente 120 millones de basura electrónica.

Colombia, en particular, ha emergido como uno de los mayores generadores de basura electrónica en América Latina y el Caribe, con 38 mil toneladas métricas generadas en 2022 según (Atica, 2024).

Es importante destacar el crecimiento exponencial en la producción de equipos eléctricos y electrónicos. Estos han aumentado significativamente a nivel nacional. El (DANE, 2021) dio a conocer en su encuesta de tecnologías de la información y las comunicaciones en hogares que el 39,3% de los hogares nacionales poseía 4.444 computadoras de escritorio, portátiles o tabletas. Adicionalmente, señala que una vez que estos dispositivos llegan al final de su vida útil o se consideran obsoletos, se convierten en desechos electrónicos y si se manejan de manera

inadecuada, producen diversos agentes contaminantes que pueden resultar peligrosos para el medio ambiente y la salud pública.

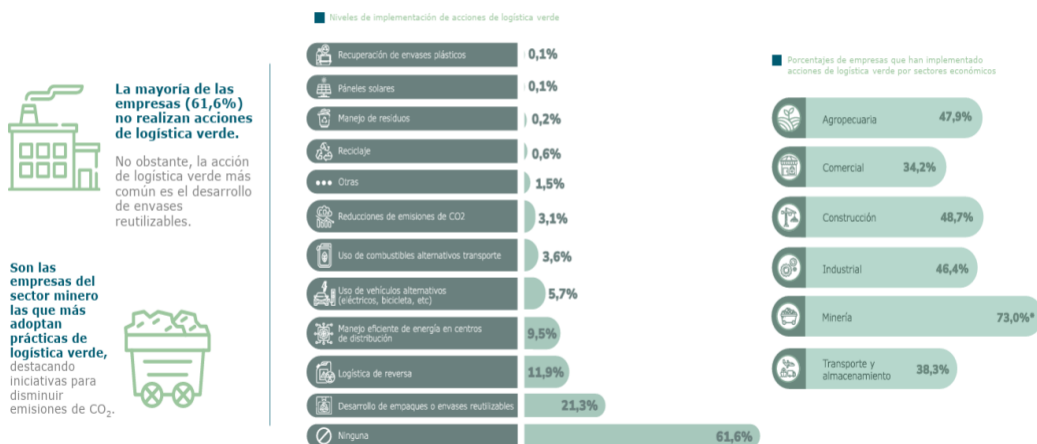
Según el estudio denominado “el monitor global de la basura electrónica”, llevado a cabo por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), en promedio cada colombiano generó durante el año 2016 aproximadamente 5.6 kilogramos de residuos electrónicos y la mitad de éstos eran provenientes de equipos de computación y telecomunicaciones (Rincón, 2017).

Ante esta problemática, muchos países y organizaciones han comenzado a adoptar enfoques más sostenibles en la gestión de desechos electrónicos, promoviendo prácticas de economía circular y logística verde, del mismo modo fomentando la implementación de la logística inversa en diversos sectores industriales, incluido el de las telecomunicaciones.

La logística inversa en Colombia ha ganado cada vez más participación, según el Departamento Nacional de Planeación (Departamento Nacional, DNP, 2022) en la última encuesta nacional logística ENL cada vez más industrias han adoptado estrategias de logística inversa para mejorar sus procesos devolutivos y contribuir al medio ambiente. Aunque el nivel global el de implementación aun es bajo y varía entre industrias, según la última encuesta del 2022, se observa una participación del 11.9% en procesos de logística reversa.

Figura 1

Acciones De Implementación Logística Verde

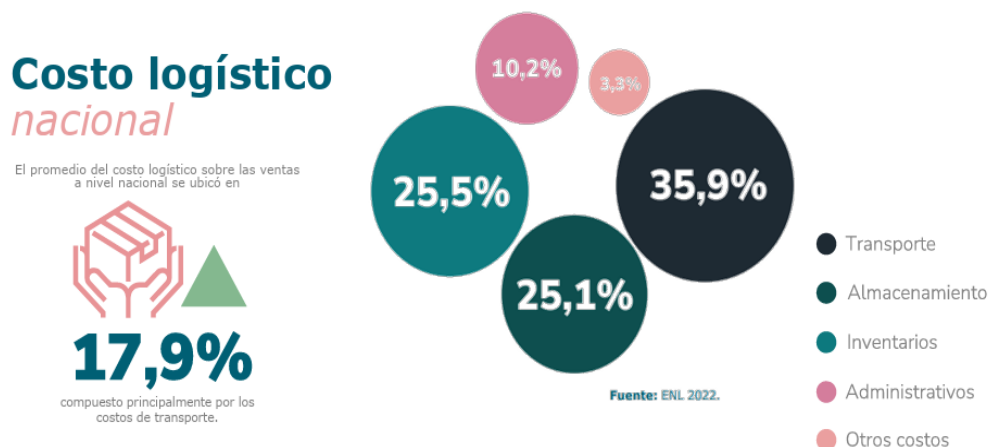


Fuente: (Departamento Nacional, DNP, 2022).

Si continua la tendencia y se toma prioridad en su implementación, los costos logísticos, así como los de producción disminuirán notablemente. La misma encuesta muestra que actualmente el costo logístico nacional se sitúa en un promedio de 17.9%.

Figura 2

Costo Logístico Nacional



Fuente: (Departamento Nacional, DNP, 2022).

Empresas de sectores como textil, metalmecánica, retail, electrónica y alimentaria están reconociendo la importancia de gestionar adecuadamente los productos al final de su ciclo de vida, tanto por motivos ambientales como por las oportunidades de negocio que ofrece. Estas empresas están implementando estrategias disruptivas para abordar los problemas medioambientales actuales, ya sea reduciendo o eliminando residuos.

La gestión adecuada de los residuos electrónicos se ha vuelto crucial para las organizaciones en términos de su compromiso ambiental y la mejora de costos. La gestión efectiva de la cadena de suministro inversa es esencial para mantener la competitividad empresarial en la actualidad.

Si bien hay una tendencia creciente en la implementación de la logística inversa a nivel nacional y se tienen controles del estado como los impartidos por medio de la ley 1672 de 2013, estableciendo los procedimientos y requisitos para el desarrollo de una gestión integral de los residuos de aparatos eléctricos, aún se está lejos de ser una práctica adoptada en la generalidad.

Un ejemplo de ello son los módems, antenas auxiliares y cableado estructurado utilizados para la recepción de la señal de internet hogar, que quedan fuera de servicio por razones diversas como el no pago de las facturas, la cancelación del servicio, el cambio de operador, la actualización del sistema o simplemente daños al equipo. Aún hay compañías que no realizan la recolección de estos elementos electrónicos, de manera que no se garantiza una disposición final adecuada.

La Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá, ha identificado esta problemática y ha dispuesto mecanismos como puntos de recolección especial ubicados en sitios estratégicos de las principales localidades de la ciudad (Herrera, 2022).

Por medio del programa Ecolecta lanzado por la Secretaría Distrital de Ambiente se buscan promover la recolección y disposición final adecuada de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) de carácter residencial. El programa cuenta actualmente con 59 puntos fijos instalados en las diferentes localidades de Bogotá, en dichos puntos de recolección se pueden disponer sin costo los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos generados por la comunidad. Adicionalmente el programa dispone en su página web un visor geográfico que facilita que los usuarios ubiquen los puntos de recolección (Secretaría Distrital de Ambiente, 2016).

Los programas e iniciativas ambientales de las gobernaciones presentan buenas iniciativas, aun así, estos esfuerzos no son suficientes. En estudios como los realizados por (Escobar A. M., 2016) en la Universidad Militar, se menciona que la ciudad de Bogotá no cuenta con un diagnóstico detallado que indique la cantidad de toneladas de residuos catalogados como RAEE que van a parar los rellenos sanitarios. Esta posición se encuentra actualmente, ya que, a la fecha no es oficial y no se tiene claridad del impacto que estos residuos le están generando a la ciudad.

En este contexto, surge la pregunta: ¿Cuáles son los beneficios de implementar la logística inversa en la gestión del hardware de tecnologías de la información para las compañías prestadoras de servicios de telecomunicaciones?

Objetivos

Objetivo general

Reconocer los beneficios que genera la gestión de la logística inversa para el Hardware de TI en las principales compañías prestadoras de servicios de telecomunicaciones.

Objetivos específicos

Contextualizar el concepto de logística inversa en la gestión de la cadena de suministro.

Analizar la gestión de logística inversa para el hardware de T.I en compañías de telecomunicaciones a nivel mundial.

Identificar los beneficios de los procesos de logística inversa para las compañías de telecomunicaciones a nivel nacional.

Justificación

La implementación de la logística inversa en las compañías de telecomunicaciones se presenta como una oportunidad valiosa para contribuir al bienestar de la comunidad y del planeta en su conjunto. Al rescatar y reutilizar materiales y componentes de hardware de TI, no solo se está evitando la sobreexplotación de recursos naturales, sino también protegiendo la biodiversidad y los ecosistemas locales.

Además, al reducir la disposición inadecuada de desechos electrónicos, se está trabajando activamente para preservar la calidad del aire, agua y suelo en la ciudad, lo que beneficia directamente la salud y el bienestar de todos los habitantes de Bogotá. El compromiso con la implementación de prácticas sostenibles en las empresas de telecomunicaciones no solo busca mejorar un entorno inmediato, sino también dejar un legado positivo para las generaciones futuras.

Al mismo tiempo, se reconoce que las empresas de telecomunicaciones enfrentan desafíos únicos en la gestión del hardware de TI, como la rápida obsolescencia tecnológica y la seguridad de la información. Sin embargo, se tiene la convicción de que enfrentar estos desafíos de manera responsable y proactiva permitirá no solo mejorar la eficiencia operativa y la rentabilidad, sino también promover un futuro más equitativo y sostenible para todos. Por lo tanto, esta investigación sobre la optimización de la gestión de hardware de TI mediante la aplicación de logística inversa en compañías de telecomunicaciones no solo busca beneficios empresariales, sino también impactar positivamente en la comunidad y en el medio ambiente.

Finalmente, para nosotros como estudiantes en el área de la logística, una de las responsabilidades que se adquieren al ser parte de este medio es identificar mejoras constantes en los procesos por medio de una adecuada gestión en los procesos de redes logísticas y cadenas de

valor para promover usos más eficientes, mejores procedimientos y reducir los impactos.

Creemos firmemente que este trabajo es un pequeño paso para crear un mundo mejor para todos, y estamos comprometidos a hacer nuestra parte para lograrlo.

Marco Teórico

Conceptos y Definiciones de Logística Inversa

El término logística surge inicialmente en la antigua Grecia en el año 489 a.C. como «hacer algo lógico», pero esto se refiere solamente al significado como palabra. En general, las definiciones de logística han evolucionado al transcurrir de los años, adaptándose al crecimiento de las civilizaciones destacando su carácter integrador y sistémico a lo largo de más de los años (Vázquez, 2008).

Según (Burgos & Salazar, 2013) el concepto de logística inversa fue acuñado originalmente por Luttwark en 1971, que señalaba como idea principal del concepto la recuperación de productos de los clientes por medio del servicio postventa y recuperación de partes para ser remanufacturadas.

Se considera relevante incluir una conceptualización más amplia sobre logística inversa, de los autores con mayor impacto en la temática como (Carter & Ellram, 1998), los cuales nos indican que “La logística inversa es un proceso por el cual las compañías pueden ser más eficientes medioambientalmente a través del reciclaje y la reutilización de productos y mediante la reducción de la cantidad de materias primas empleadas”.

Según (Lembke, 2002) la logística inversa:

Es el proceso de planificar, implementar y controlar eficientemente el flujo de materias primas, inventario en curso, productos terminados y la información relacionada con ellos, desde el punto de consumo hacia el punto de origen con el propósito de recapturarlos, crearles valor, o desecharlos p.126.

La Logística Inversa es “el conjunto de actividades relacionadas con el manejo y gestión de equipos para la recuperación de productos, componentes, materiales o incluso sistemas técnicos completos” (Dekker y otros, 2002).

Según (Wassenhove, 2002) “la logística inversa es parte de una tendencia denominada “la cadena del suministro inversa”, donde los fabricantes inteligentes están diseñando procesos eficaces para reusar sus productos”.

Logística inversa “comprende las operaciones relacionadas con la reutilización de productos y materiales incluyendo todas las actividades logísticas de recolección, desensamblaje y proceso de materiales, productos usados, y/o sus partes, para asegurar una recuperación ecológica sostenida” (Cullinane & Cullinaneorcida, 2021).

Con las definiciones anteriormente mencionadas es posible tener una idea del contexto tan amplio que tiene la logística inversa como lo enfatiza (Vargas, 2017), considerando la devolución de productos, reducción de suministros, reciclaje, sustitución y reutilización de materias primas, eliminación de desperdicios, reprocesamiento, reparación y producción.

Tabla 1

Definición De Logística Inversa

<i>Definición</i>	<i>Fuente</i>
Comprende las operaciones relacionadas con la reutilización de productos y materiales incluyendo todas las actividades logísticas de recolección, desensamblaje y proceso de materiales, productos usados, y/o sus partes, para asegurar una recuperación ecológica sostenida.	(Cullinane & Cullinaneorcida, 2021).

Logística inversa es parte de una tendencia denominada “la cadena del suministro inversa”, donde los fabricantes inteligentes están diseñando procesos eficaces para reusar sus productos. (Wassenhove, 2022,p.25)

Nota: La tabla presenta definiciones adicionales de logística inversa con definiciones sencillas que ayudan a entender el proceso.

Fuente: elaboración propia basado en (Cullinane & Cullinaneorcida, 2021) & Wassenhove, 2022,p.25)

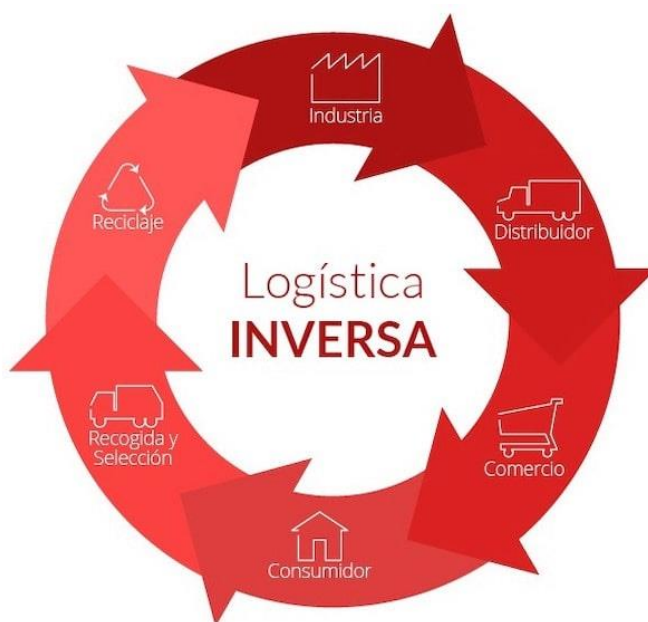
La implementación de la logística inversa, tal cual la conocemos se empezó a identificar en la década de los 80. (Estrada y otros, 2015) indican que el crecimiento del sector se hizo incontrolable y se comenzó a considerar la logística inversa no solo desde los procesos tradicionales de productor a consumidor, sino que en esta década se incluye el análisis del flujo inverso de esta relación, es decir, desde la óptica de la gestión de residuos, transporte, manejo de materiales peligrosos y reciclaje en el flujo de operaciones desde el consumidor hacia el productor, de ahí su nombre de logística inversa.

Una de las teorías iniciales sobre logística inversa fue dada por Martijn Thierryse en su tesis doctoral “ Un análisis del impacto de la gestión de recuperación de productos en las empresas manufactureras” y la cual fue explicada brevemente en el artículo de (Lopez, 2018) , en donde se establece una clasificación en la que se describen cinco opciones que se pueden utilizar para maximizar la implementación de la logística inversa logística de devolución: reparación, restauración, re-fabricación, canibalismo, reciclaje, cada una de ellas expresa el autor, maximiza el valor económico de los productos fuera de uso.

De cualquier manera, tanto la logística de devoluciones como la logística de recuperación suponen en flujo de materiales, productos y procesos que viajan desde el consumidor al fabricante o recuperador, por lo que en conjunto forman parte de la logística inversa. Con la siguiente figura construida por la empresa de transporte internacional Transeop, se puede entender su ciclo completo, en donde comienza desde el momento en que el producto está en el punto de consumo hasta que llega al punto de origen, donde se recuperarán para desecharlos o darles un nuevo valor (Transeop, 2025).

Figura 3

Ciclo De La Logística Inversa



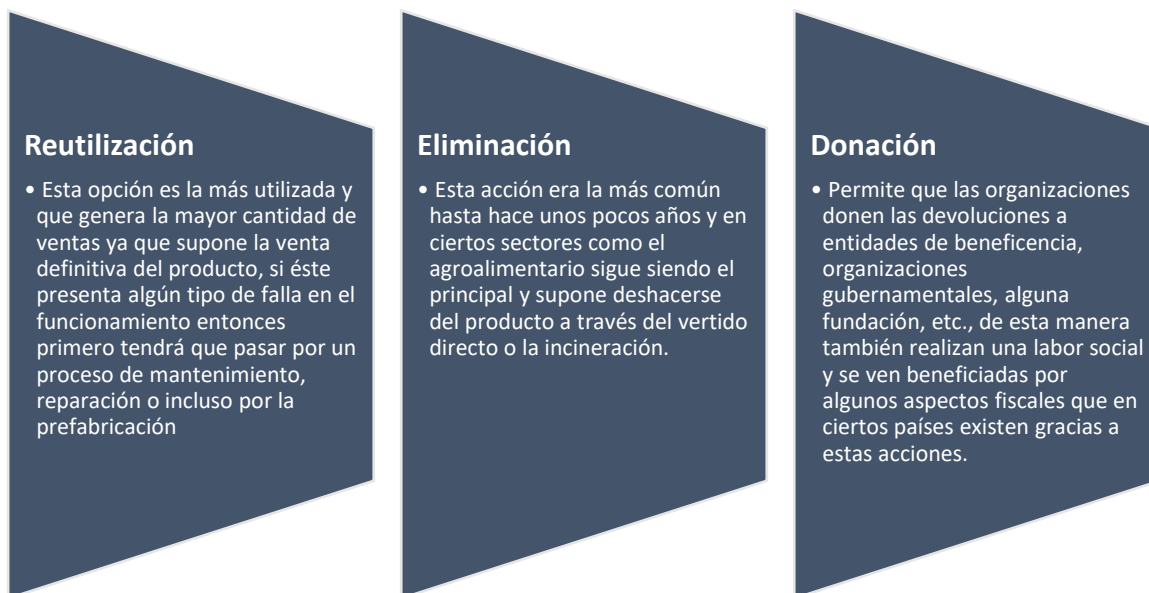
Fuente: Tomado de la página web de la compañía (Transeop, 2025).

De acuerdo con (Lacoba, 2003) quien menciona en su tesis doctoral las pautas y estrategias en las que una compañía debe organizar e implementar el proceso de logística inversa, así como la forma de estructurar su cadena de suministro y el personal que interviene directamente, se identifican 3 conceptos estratégicos bajo los cuales se define el destino de un

aparato eléctrico y electrónico, sintetizados en tres principales procesos presentados en la siguiente figura.

Figura 4

Destino de Un Producto Al Final De Su Vida Útil



Fuente: elaboración propia basado en (Lacoba, 2003).

Dispositivos Eléctricos y Electrónicos

Los dispositivos o también llamados aparatos electrónicos son básicamente productos que resultan de la suma de varios elementos que combinados entre sí y con la inyección de una corriente eléctrica o electromagnética, dan como resultados dispositivos funcionales que son utilizados en la vida diaria de los seres humanos. Una vez que dichos productos llegan al final de su vida útil o cuando el usuario considera que ya no les son útiles, son desechados y pasan a convertirse en residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, identificados por sus siglas como RAEE.

De acuerdo con la (Europea, 2012) los aparatos eléctricos y electrónicos son definidos como:

“Todos los aparatos que para funcionar debidamente necesitan corriente eléctrica o campos electromagnéticos y los aparatos necesarios para medir tales corrientes y campos y que están destinados a utilizarse con una tensión nominal no superior a 1000 voltios en corriente alterna y 1500 voltios en corriente continua”.

Adicional se considera que cada componente que comprende el aparato eléctrico o electrónico y que forman parte de este una vez es desechado, es un residuo electrónico.

Las, (Naciones unidas, 2014) define como aparato eléctrico y electrónico o AEE, a cualquier aparato de casa o negocio con circuitos o componentes eléctricos y con fuente de alimentación o baterías. Como consecuencia también define que un RAEE son todos aquellos componentes que integran los aparatos eléctricos y electrónicos que han sido descartados por sus usuarios sin intención de reutilizarlos.

De acuerdo con la Universidad de las (Naciones unidas, 2014), el potencial de que un aparato eléctrico y electrónico sea reutilizado depende en un gran porcentaje de que su propietario determine que el aparato esté completamente funcional. Prolongar la vida útil del dispositivo mediante el proceso de reutilización puede llegar a ser efectuado por el propietario o por una compañía especializada en el campo, mediante la aplicación de procedimientos de remanufactura, reacondicionamiento, reparación, mantenimiento o actualización.

El Congreso de la (Republica, 2013) de Colombia bajo la ley 1672 de 2013, define los Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE), como:

Todos aquellos aparatos que para funcionar necesitan corriente eléctrica o campos electromagnéticos, así como los aparatos necesarios para generar, transmitir y medir

dichas corrientes, y los RAEE como los aparatos eléctricos y electrónicos en el momento en que se desechan.

Clasificación de los AEE y RAEE

La clasificación de los AEE (aparatos eléctricos y electrónicos) generalmente está ligada a la forma o la función que desempeñan los aparatos eléctricos y electrónicos. El (Ministerio de Medio Ambiente, y Desarrollo sostenible, 2017), define 4 categorías en las cuales se clasifican los AEE: línea blanca, línea marrón, línea gris y pequeños electrodomésticos, en la tabla 2, se muestra una definición para cada línea de clasificación:

Tabla 2

Líneas De Clasificación De Los AEE Aparatos Eléctricos Y Electrónicos

Línea blanca	Electrodomésticos de la cocina, lavado, refrigeración y ventilación
Línea marrón	equipos electrónicos de entretenimiento y las comunicaciones de oficina
Línea gris	Equipos y aparatos utilizados en las tecnologías de la de la información y la comunicación (TIC)
Pequeños electrodomésticos	Electrodomésticos menores utilizados en la cocina y para el cuidado personal

Fuente: elaboración propia, basado en directiva RAEE (2002)

De acuerdo con la normativa colombiana (Ley 1672 de 2013), en la gestión de los RAEE, la responsabilidad de los sistemas de recolección y gestión recae en los fabricantes e importadores de los AEE apoyados por los comercializadores y con la participación consciente de los consumidores.

En la actualidad el (Ministerio de Medio Ambiente, y Desarrollo sostenible, 2017) presenta 3 categorías de RAEE bajo el sistema denominado sistemas de recolección selectiva en

donde a cada clasificación le aplica un tipo de resolución diferente que a su vez consolidada la normatividad vigente y los entes de control encargados de hacer cumplir las disposiciones.

Tabla 3

Líneas De Clasificación De Los RAEE Residuos De Aparatos Eléctricos Y Electrónicos

Computadores y periféricos	(Resolución 1512 de 2010)
Lámparas/bombillas ahorradoras	(Resolución 1511 de 2010)
Pilas y acumuladores portátiles	(Resolución 1297 de 2010)

Fuente: elaboración propia, basado en MinAmbiente (2017)

La siguiente figura, muestra de forma gráfica la gama de aparatos eléctricos y electrónicos que hacen parte de cada línea de acuerdo con su uso: masivo o profesional, domestico o industrial.

Figura 5

Clasificación De Aparatos Eléctricos Y Electrónicos De Acuerdo Con Su Uso



Fuente: Tomado de Política RAEE Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017).

Marco Normativo de la Gestión de RAEE

Un sistema normativo para la gestión de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) es esencial para proteger el medio ambiente y la salud pública. Los RAEE contienen sustancias peligrosas, como plomo y mercurio, que pueden contaminar el suelo y el agua, afectando tanto al ecosistema como a las personas. Incluso la exposición a estos materiales tóxicos puede causar graves problemas de salud, desde enfermedades respiratorias hasta trastornos neurológicos. Un marco regulador asegura que los residuos electrónicos se manejen de forma segura y controlada, reduciendo estos riesgos.

Asimismo, las normativas promueven la recuperación de materiales valiosos contenidos en los RAEE, apoyando la economía circular y disminuyendo la extracción de materias primas. Regular la gestión de estos residuos también fomenta la responsabilidad extendida de los productores, incentivando el diseño de productos más sostenibles. Además, las normativas ayudan a cumplir compromisos internacionales y evitan el comercio ilegal de RAEE hacia países en desarrollo, donde el manejo inadecuado puede tener consecuencias devastadoras.

Las regulaciones sobre los RAEE en Colombia son relativamente nuevas. La primera norma que mencionó su manejo fue la Ley 99 de 1993 en donde se empezó a organizar el Sistema Nacional Ambiental la cual estableció la responsabilidad de los productores de todas las industrias legalmente constituidas por la gestión ambiental de sus productos. Sin embargo, no fue sino hasta la Ley 1672 de 2013 que se estableció un marco legal específico para dichos residuos. Esta ley definió los RAEE como los aparatos eléctricos y electrónicos que cumpliendo con su vida útil son retirados del mercado por los consumidores y los cuales podrían generar un alto impacto ambiental. El Gobierno Nacional en cabeza del (Ministerio de Medio Ambiente, y Desarrollo sostenible, 2017) y Desarrollo Sostenible formuló y promulgó la Política Nacional de

RAEE en el año 2017. Esta Política establece un enfoque integral y compartido para manejar los residuos electrónicos en Colombia, asignando obligaciones claras y complementarias a cada actor, estos son el gobierno nacional, productores, comercializadores, usuarios y gestores, evitando impactos ambientales y aprovechando residuos con criterio económico y social, siendo su objetivo principal minimizar la generación de RAEE, proteger salud, fomentar aprovechamiento y empleo, e impulsar participación de todos los actores ya mencionados.

Otros decretos importantes en materia de manejo del RAEE, son el decreto 1076 de 2015 que reglamenta la (LEY 1672, 2013) que establece los requisitos específicos para la gestión de los RAEE.

La resolución 1511 y la 1512 de 2010 que regula la recolección y gestión de lámparas fluorescentes de mercurio, así como la recolección y gestión de computadores y periféricos. Finalmente, la resolución 1297 de 2010 que regula la recolección y gestión de pilas y acumuladores portátiles (EcoIndustria, 2024).

Figura 6

Formulación de la Política Nacional RAEE



Fuente: Tomado de Política RAEE (Ministerio de Medio Ambiente, y Desarrollo sostenible, 2017).

Beneficios de la Logística Inversa en el Contexto Nacional

Beneficios en Compañías de Diversos Sectores Productivos

La implementación de la logística inversa en Colombia ha avanzado significativamente en los últimos años, aunque todavía enfrenta desafíos importantes en las diferentes industrias las cuales aún no adoptan este concepto por diversos factores. Para identificar la disposición al momento de implementarla se han efectuado estudios como el realizado por (Duarte Ramírez y otros, 2017) en la escuela de postgrados de la universidad Sergio Arboleda en donde se analizó la importancia nivel de implementación de la logística inversa en empresas de diferentes sectores de la industria Colombiana y concluyeron que para la mayoría de las empresas , la logística inversa representa un costo y no una actividad auto sostenible; las empresas del sector no lideran campañas ecológicas si estas no generan retribución económica; la prioridad está en el foco financiero y no en el impacto ambiental que pueden reducir.

A continuación, se presenta un panorama general sobre la situación actual de la logística inversa en el país identificado por algunos autores.

En Colombia, las actividades de manipulación, recuperación y aprovechamiento de residuos sólidos es realizada mayormente por personas naturales dedicadas a la actividad de la

recolección de residuos aprovechables, dichos residuos son transportados al centro de clasificación o hasta la planta de aprovechamiento, quienes realiza la correcta clasificación y pesaje (Ministerio de Medio Ambiente, y Desarrollo sostenible, 2017).

Estas actividades de aprovechamiento en Colombia se consideran como complementarias del sistema público de aseo. “Es desarrollada por personas dedicadas a la recolección de residuos reciclables, la mayoría de los cuales viven en la pobreza. La recolección es realizada puerta a puerta o en el lugar de disposición de los residuos domésticos” (González, 2024).

Aun así, se identifican varios casos de éxito que se pueden catalogar como modelos a seguir en cuanto a la implementación de logística inversa.

En primer lugar, se destaca la industria del papel y cartón, que ha sido una de las industrias más destacadas en aplicar modelos de la logística inversa en el país, y constantemente se encuentra implementando procesos sostenibles. Según (Riaño-Becerra, 2018) la industria ha logrado reducir en un 1,5 % en la captación de agua por tonelada para la producción de papel y cartón, se han realizado proyectos para aumentar la eficiencia energética, logrando una disminución del consumo de aproximadamente 4,3%, así mismo se ha reducido las emisiones y generación de gases de efecto invernadero, con una reducción aproximada del 1,54%, se redujo la generación de residuos en 1%, y el 92 % de los residuos generados que corresponden a residuos no peligrosos.

En segundo lugar, podemos destacar la participación de la industria alimentaria colombiana en el desarrollo de estrategias de logística inversa. Uno de sus enfoques es la prevención y control de la generación de residuos sólidos, lo cual es particularmente importante debido a la cantidad de alimentos producidos. De las 9.760.032 toneladas producidas a nivel nacional, el 64% se genera durante las etapas de producción, postcosecha, almacenamiento y

procesamiento industrial, y el 36% restante son residuos generados durante las etapas de distribución, comercialización y consumo (Castañeda & Rodríguez, 2017).

Otra industria que ha transformado su sistema productivo para satisfacer las necesidades de implementación de logística inversa es la del plástico. “La industria ha visto avances positivos en el uso adecuado de este material, minimizando los efectos negativos del plástico. como parte de un estudio sobre el subsector de plásticos en Bogotá, con grandes empresas entre ellas Pavco, Sunher Royal SAS, Mexichem Colombia, Maderplast y Reforplast, dedicadas al Marketing” (Morales C. y otros, 2018).

Los autores encontraron que el 51% de estas empresas utilizan equipos de control tecnológico avanzado para procesar, producir, distribuir y recolectar residuos y/o derivados de este producto (Morales C. y otros, 2018).

Del mismo modo, empresas como Alpina y Ramo desarrollan estrategias de subcontratación de logística inversa. (Profitline, 2016), afirma utilizar software enfocado en empresas de consumo programado para garantizar que los productos devueltos en grandes volúmenes se sometan a un proceso de certificación en el punto de venta. Esta automatización también asegura que los productos que deben consumirse se envíen inmediatamente a los bancos de alimentos para evitar su desperdicio y sean entregados a comunidades de bajos recursos.

MAC S.A, Empresa dedicada a la producción de baterías para autos, se interesó en aplicar el proceso de logística inversa desde 1990, reciclando las baterías propias y las generadas por la competencia, las baterías desechadas son usadas para recuperar materiales que pueden ser usados en otras industrias como plomo y polipropileno (Monroy & Ahumada, 2006).

Ofipaim, empresa especializada en remanufacturar cartuchos de impresión, realiza un proceso de logística inversa externa contratando con pequeños recolectores y optimizando de esta manera procesos de recolección (Monroy & Ahumada, 2006).

Michelin Colombia/Icollantas: Empresa que ofrece el servicio de reencauche de llantas radiales, en donde se recuperan, se remanufacturan y se entrega de nuevo al cliente, minimizando en gran medida el impacto ambiental (Monroy & Ahumada, 2006).

A continuación, se describe otro caso de éxito de aplicabilidad de logística inversa en la compañía Solística en donde se describe el modelo de implementación en el proceso de destrucción de sus fórmulas nutricionales.

Actualmente esta compañía realiza la recolección de los productos que no fueron utilizados o próximos a vencerse de diversas maneras, ya sea en pequeños vehículos, vehículos de carga pesada, o incluso transporte aéreo.

El proceso inicia cuando todo el producto recolectado llega a los centros de consolidación, principalmente al centro de distribución que se ubica en Bogotá, en la zona de Montevideo, con más de 40 mil m², en donde cuentan con cadena de frío y espacios de almacenamiento de más 10 mil m² completamente certificados. Las condiciones son similares para los centros ubicados en Medellín y Cali (Bayona, 2021).

El cliente se contacta con la compañía por diversos canales, correo electrónico, mensajes de texto o líneas telefónicas y en el caso que se requiere hacer una disposición de inmediato, se ubica el centro de distribución más cercano y se da inicio al proceso de integración para que el producto sea reprocesado e integrado de nuevo a los inventarios. En caso de que la mercancía requiera diferentes tipos de procesos, como transferir un producto nuevo para que sea redistribuido sin necesidad de volver a las bodegas de los clientes, la destrucción o potencial

donación de los empaques entre otros, se reacondicionan los procesos de maquila de las operaciones que se tienen en las diferentes partes del país. Todo esto requiere un sistema y un soporte tecnológico de punta, absolutamente interconectado. Según indica la compañía “sabemos que la conectividad, la efectividad de la comunicación, los puntos de contacto, y la colaboración, incluso con otros factores del mercado, son críticos” (Bayona, 2021).

Beneficios Ambientales

La gestión medioambiental que inicio siendo una imposición para las organizaciones, se ha ido convirtiendo en una ventaja competitiva para las empresas que lo ponen en práctica, comenta (Parada, 2010), esto permite mejorar y diferenciar la imagen empresarial en el mercado al elaborar productos o servicios verdes o amigables con el medio ambiente.

Desde el punto de vista ambiental, la logística inversa o logística verde podría definirse como: “El conjunto de actividades logísticas de recogida, desmontaje y procesado de productos usados, partes de productos o materiales con vistas a maximizar el aprovechamiento de su valor y, en general, su uso sostenible” (Lembke, 2002).

Las herramientas de logística inversa contribuyen a la competitividad empresarial, ya que las compañías comienzan a reconocer la importancia de fortalecer los lazos con sus clientes y proveedores. Así, se permite que estos descubran en los residuos una manera de crear valor añadido y que en Colombia surjan empresas que buscan integrar este tipo de procesos en su cadena de valor como un pilar de competitividad (Torres, 2013).

Los autores (T. Sathish, 2017) describen la importancia de adoptar la logística inversa como una estrategia ambiental, al permitir que las empresas reduzcan el impacto de sus prácticas y contribuyan a la sostenibilidad, brindando a los fabricantes una forma rentable de recuperar productos para su remanufactura, reduciendo así los costos de energía y materias primas. Es el

mejor mecanismo para lograr una producción económica y ambientalmente responsable, permitiendo planificar y gestionar los procesos de fabricación, distribución y devolución de productos por parte de los usuarios o clientes para asegurar prácticas eficientes de reciclaje.

Enfocándonos en los beneficios de carácter ambiental al interior del país, la autora (Torres, 2013) en su artículo importancia de la logística inversa para un desarrollo sostenible en Colombia, nos señala que en la actualidad diversas compañías están asumiendo la responsabilidad ambiental al integrar la estrategia de logística inversa a través del compromiso empresarial por el reciclaje (Cempre), promoviendo prácticas adecuadas en la cadena de reciclaje y en la gestión de residuos sólidos para distintas empresas en las que operan como Alpina Bavaria, Carrefour, Coca Cola, Colanta, Aceros Diaco, Fundación Santa Fe de Bogotá, Tetra Pack y Unilever. También promueven el reciclaje posconsumo y aplican la teoría de las 3R: reducir, reutilizar y reciclar.

Las empresas anteriormente mencionadas con la implementación en logística verde están constantemente ayudando a la reducción de emisiones generadoras de la huella de carbono y se está contribuyendo a recuperar gran parte de esos residuos que se está generando en el país, aumentando el índice de reciclaje y a su vez que se disminuye la cantidad de basura generada en el país. Igualmente, al reducir la cantidad de insumos y materias primas que se deben adquirir disminuyendo la explotación de recursos ambientales (Torres, 2013).

Otras ventajas de la implementación de logística verde indica (Parada, 2010), se enfocan primeramente en mejorar la conciencia individual y colectiva respecto al medioambiente, mediante programas de formación, información y divulgación. Seguido del ahorro y alternativas energéticas (mayor eficiencia y limpieza en el consumo, con búsqueda de alternativas). Pasando por la protección del medio natural, con medidas de todo tipo y finalmente

aporta avances a la lucha por mejorar la calidad ambiental, reduciendo la contaminación en todas las facetas y evaluación, en cualquier caso.

Por otro lado, el (Ministerio de Medio Ambiente, y Desarrollo sostenible, 2017) y Desarrollo Sostenible ha estado trabajando en el Plan de Negocios Verdes desde 2002, enfocándose en diversos aspectos como el uso y aprovechamiento de los recursos naturales, la promoción de eco productos, servicios ambientales y mecanismos de desarrollo limpio. Aun así, el programa aún no aborda en su totalidad el manejo de desechos generados por las empresas, pero se destacan los programas de capacitación y concientización dirigidos a la ciudadanía para promover un cambio cultural, fomentando una comprensión completa de la responsabilidad que tiene la sociedad en la elección de proveedores y en el uso adecuado de los residuos generados.

Beneficios Económicos

Cuando hablamos en términos económicos, menciona (Michelin, 2024), los materiales y procesos ligados a la logística inversa pueden aportar beneficios directos e indirectos a las empresas creando valor añadido que se transforman directamente en ganancias económicas. Por consiguiente, la imagen de empresa sostenible creada por los procesos inversos puede llegar a atraer a más clientes al negocio ayudando a preservar e incluso mejorar la participación de mercado. Crear una red de logística inversa eficaz que sea rentable y sostenible puede presentar todo un desafío. ya que el gestionar productos devueltos, tiempos de devolución, recuperación y transformación del producto devuelto, tiene un impacto en el coste de operaciones ya que suponen una inversión inicial significativa. No obstante, si la logística inversa se implementa de manera efectiva y eficiente, puede llegar a proporcionar una ventaja competitiva gracias al efecto en la reducción de costes en los procesos logísticos y de obtención de productos y materiales.

Los beneficios económicos también son identificados por (Alonso, 2023), tras la realización de estudios a algunas empresas del sector industrial. Enfatizando en la reducción de costes en la medida que se pueden reutilizar componentes y materia primas para fabricar materiales de nuevo, de igual forma permite optimizar tiempos de ejecución, recursos y personal.

Reducción de costos de compra y adquisiciones, esto hace que se minimice el gasto en compra y abastecimiento de materiales. Asimismo, se requiere una menor inversión en gastos fijos y variables de producción (Alonso, 2023).

Mejor relación entre el cliente y los proveedores, las dos partes salen beneficiadas. Por un lado, los clientes pueden devolver los productos de forma fácil y eficiente y por otro, las empresas pueden mejorar la experiencia del cliente e incrementar la lealtad del consumidor. A si mismo mejora la reputación de la marca, generando una imagen de la empresa como una organización comprometida con la protección y el cuidado del medio ambiente (Alonso, 2023).

Otro tipo de beneficios fueron listados por (Silva, 2015) en el documento importancia de la logística inversa y su impacto en el medio ambiente. Haciendo alusión de que si el mundo de los negocios pudiera ver a las cadenas de valor verdes no como gasto si no como inversión, se tendrían beneficios como: recuperación y acumulación de energía. menores costos logísticos operativos, beneficios impositivos (regulaciones/normas), creación de una conciencia individual y colectiva.

Beneficios Sociales

En el país desde hace muchos años se ha concientizado tanto a las empresas como a las personas acerca de separar elementos como papel, cartón, vidrio, plástico, entre otros elementos, para su posterior reciclaje. Pese a ello, aún hay mucho desconocimiento por parte de las empresas acerca del proceso de la logística inversa, podría darse por el desconocimiento del

proceso, malas prácticas en la industria o incluso temor de asumir algunos sobre costos, esto genera una imagen errada de esta ya que para muchos empresarios esto implica un gasto adicional para la empresa y obliga a la generación de nuevos procesos, contratación de personal y capacitación que puede parecer como un desgaste innecesario (Higuaita, 2023).

De acuerdo con esta información, los beneficios de carácter social si bien son amplios, no son muy conocidos por las personas que no necesariamente tienen un vínculo laboral en una organización. En la actualidad es necesario que el gobierno junto con el sector empresarial concientice ampliamente sobre este tema, la idea es que se empiece a generar una cultura social y empresarial. De esta forma se estaría cumpliendo con el objetivo de la economía circular que es aprovechar al máximo los recursos y materiales disponibles por medio de un ciclo en donde todos deben participar, fabricantes, vendedores, consumidores, así se logra mantener el equilibrio entre el progreso y la sostenibilidad (González, 2024).

Nuevamente (Lembke, 2002) nombran algunos beneficios asociados a la contribución y reducción de residuos al facilitar el reciclaje y la reutilización de productos, lo que resulta en un entorno más limpio y saludable. Esto tiene un impacto directo en la salud pública al reducir la contaminación y el desperdicio en los vertederos.

Los autores (Carter & Ellram, 1998), ven la implementación de la logística inversa como creadora de nuevas oportunidades laborales en sectores como el reciclaje, la remanufactura y la gestión de residuos. Esto impulsa el desarrollo de nuevas habilidades y fomenta el crecimiento económico local.

Por el lado de la RSE responsabilidad social empresarial, las empresas que implementan la logística inversa pueden mejorar su imagen corporativa al demostrar un compromiso con la sostenibilidad y la responsabilidad social. Esto a su vez, puede generar una mayor lealtad por

parte de los consumidores y mejorar la relación con las comunidades en las que operan. (García K. d., 2019).

Otro aspecto importante es el que mencionan los autores (Kumar & Malegiant, 2006), refiriéndose al impacto positivo sobre la calidad de vida de las personas al reducir los niveles de residuos y contaminación especialmente en áreas urbanas. Un entorno más limpio y seguro también puede llevar a una disminución en las tasas de enfermedades relacionadas con la contaminación.

Finalmente, (Dekker y otros, 2002), hablan sobre los beneficios en la implementación de prácticas de logística inversa, al promover la educación y conciencia sobre la sostenibilidad entre empleados y consumidores. Esto puede generar cambios positivos en los comportamientos sociales hacia el consumo responsable y el reciclaje.

Desafíos en la Implementación de Logística Inversa

A pesar de que la logística inversa ha adquirido una importancia creciente en el país y es implementada por un gran número de empresas, todavía existen diversas debilidades en su ejecución. Una de las más notables es la escasa sensibilización en los sectores productivos. Según argumenta (Prieto, 2021), los empresarios generalmente no comprenden bien las ventajas que brinda la logística inversa y cómo puede optimizar la cadena de suministro en los procesos internos y externos de una organización. De manera que resulta complejo implementar de forma global la logística inversa en el país y obtener los beneficios en materia de competitividad logística que puede ofrecer.

Uno de los obstáculos que pueden enfrentar los empresarios al implementar este proceso en sus empresas, indica (Higuita, 2023) es que es muy costoso y requiere crear una nueva área dentro de la empresa para manejarlo. Sin embargo, ya existen muchas empresas en Colombia que

se especializan en el campo de la logística inversa, cuentan con la infraestructura necesaria para agilizar el proceso y realizan el proceso a precios mucho más bajos, por lo que las empresas solo deben preocuparse por los pagos.

En este contexto (Portocarrero, 2016) ,señala que la logística inversa recién está surgiendo en este país y a pesar de sus enormes beneficios y el alto impacto ambiental que conlleva, aún falta conocimiento para implementarla correctamente. El autor sostiene que la ausencia de una regulación amplia y controlada en el país hace que las compañías no lo vean como una ventaja sino como una obligación con altos costos de implementación.

Otro de los factores que incide en la implementación de la logística inversa en el país describen (Morales C. F. y otros, 2018), es que el proceso se basa principalmente en la devolución de productos usados y la necesidad de tratarlos minimizando las pérdidas y agregando valor a los productos. Como se mencionó en el párrafo anterior, no todas las empresas colombianas actualmente están abordando este tema, ya que no realizan actividades de coordinación vertical y horizontal, ni planes de logística inversa durante las etapas de diseño y fabricación de sus productos. En conclusión, el país está rezagado en cuestiones de logística inversa.

En conclusión, una de las limitaciones de implementar procesos de logística inversa en Colombia es que imponen altos costos a las empresas y pueden tener un impacto directo en la rentabilidad, la productividad y la competitividad. Tal como lo indica (Escobar & Manuel, 2016), esto se debe a que la remanufactura asociada con la logística inversa requiere una mejor gestión de la información y el flujo de materiales para procesar los productos devueltos, lo que resulta en un aumento de las horas de trabajo y la ocupación del espacio de infraestructura física.

Estrategias para la Gestión Efectiva de la Logística Inversa

La literatura revisada permitió identificar el contexto a nivel nacional encontrando algunos aportes de (Berna & Padilla, 2011), los cuales identifican que en Colombia se están dando avances importantes en materia legislativa hacia el desarrollo sostenible, con la implementación de decretos y resoluciones que buscan regular el manejo adecuado de productos específicos y su disposición final.

Algunas estrategias a tener en cuenta fueron analizadas por (Campos, 2014), en materia de desarrollo de la infraestructura logística que es crucial para el éxito de la logística inversa. Esto incluye la modernización de las redes de transporte, la construcción de centros de acopio y reciclaje, y el desarrollo de tecnologías de información para el seguimiento y la gestión de los productos retornados.

Una de las estrategias fundamentales para la gestión efectiva es la educación y la sensibilización, tal como mencionan (Achurra & Cruz, 2024), implementar programas de educación y sensibilización tanto para los consumidores como para los empleados de las empresas. La concientización sobre la importancia del reciclaje y la reutilización puede incrementar las tasas de retorno de productos y mejorar la eficiencia del proceso de logística inversa.

Se hace importante destacar una estrategia que ya se está empleando en la actualidad y la cual ha tenido éxito en sus primeras etapas de desarrollo, descrita por (Ivalua, 2025), la cual se basa en desarrollar cadenas de suministro cerradas o circulares en las que los productos y materiales sean continuamente reutilizados o reciclados y en conjunto con las nuevas tecnologías y automatización se emplean tecnologías avanzadas como sistemas de gestión de almacenes (WMS), rastreo por RFID, y software de análisis de datos para optimizar las operaciones de

logística inversa, esta automatización puede reducir costos, mejorar la precisión, y acelerar el proceso de retorno.

Por otro lado, también funciona estratégicamente emplear incentivos económicos para el retorno de productos. (Campos, 2014), implementar incentivos económicos para los consumidores que devuelven productos, como descuentos o programas de lealtad. Este tipo de incentivos puede aumentar la participación en programas de logística inversa y mejorar las tasas de retorno de productos.

Todas estas estrategias no solo son ambientalmente sostenibles, sino que también puede generar ahorros económicos significativos a largo plazo para las compañías fabricantes.

La Logística Inversa en la Gestión de Residuos Electrónicos en un Contexto Global

Según (Balde y otros, 2017), países como India y China cuentan con regulaciones específicas para la gestión de residuos electrónicos (RAEE), lo que implica que sus políticas abarcan aproximadamente al 60% de la población mundial. Esto significa que cerca de 5,000 millones de personas están cubiertas por legislaciones que buscan garantizar un manejo adecuado de estos residuos en ambos países. La importancia de este dato radica en que India y China, al ser dos de las naciones más pobladas, juegan un papel crucial en la reducción del impacto ambiental global de los RAEE. No obstante, aunque la cobertura legal es amplia, es necesario evaluar si la implementación y los sistemas de gestión en la práctica son igualmente efectivos para enfrentar el desafío que representan los residuos electrónicos.

A través del estudio presentado por (Balde y otros, 2017), se observa que los tipos de residuos electrónicos varían significativamente entre las distintas legislaciones, lo que genera importantes dificultades a la hora de registrar y comparar estadísticas sobre las unidades recolectadas y recicladas. Esta falta de uniformidad en las definiciones y clasificaciones de los

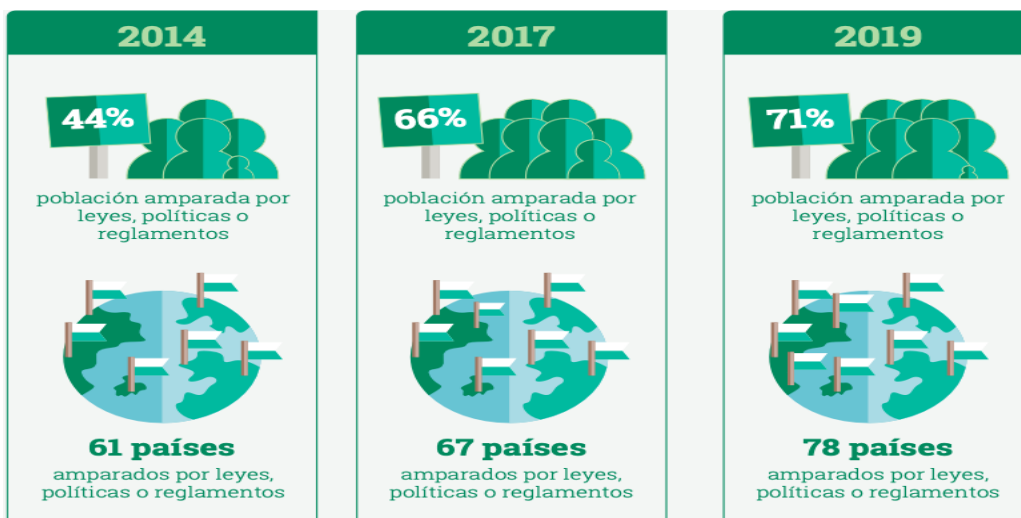
RAEE dificulta la estandarización de los procesos de gestión y la creación de datos fiables a nivel global. Como resultado, las inconsistencias en las normativas entre países complican la evaluación del éxito de los programas de reciclaje y recuperación, afectando la capacidad de monitorear de manera efectiva el impacto de estas políticas en la reducción de residuos y en la promoción de la economía circular. Para superar estos desafíos, es crucial avanzar hacia una mayor armonización de las regulaciones a nivel internacional, lo que permitiría un análisis más coherente y preciso de los resultados.

Según (Forti y otros, 2020), los gobiernos de todo el mundo están desarrollando políticas y leyes nacionales para abordar el creciente volumen de aparatos eléctricos y electrónicos que llegan al final de su vida útil. Estas políticas establecen directrices o planes de acción que, aunque no son de carácter vinculante, indican qué objetivos pueden alcanzar las sociedades, instituciones y empresas en materia de gestión de residuos electrónicos. Por su parte, las leyes, que se promulgan a nivel nacional o municipal, son de cumplimiento obligatorio y su implementación recae en organismos reguladores. Los reglamentos detallan cómo estos organismos deben aplicar y hacer cumplir las leyes, garantizando su correcta ejecución.

La siguiente figura ilustra en un contexto mundial, el porcentaje tanto de personas como países que están amparados por leyes, reglamento o políticas en materia de gestión RAEE.

Figura 7

Contexto Mundial Gestión RAEE



Fuente: Observatorio mundial de residuos electrónicos (2020).

De acuerdo con (Balde y otros, 2017), un total de 78 países contaban con leyes, políticas o reglamentos aplicables a los residuos electrónicos. Como resultado, el 71% de la población mundial estaba cubierta por alguno de estos instrumentos, lo que representó un aumento del 5% respecto al 66% registrado en 2015. Pese a ello, esta tasa de cobertura puede ser engañosa, ya que puede dar la impresión de que se ha avanzado considerablemente en la regulación de la gestión de residuos electrónicos. En realidad, en muchos países, estas políticas son solo estrategias programáticas sin carácter jurídicamente vinculante. Por ejemplo, en África y Asia, solo 19 países cuentan con leyes vinculantes en materia de residuos electrónicos, 5 países tienen políticas y leyes no vinculantes, y otros 31 países están en proceso de desarrollar políticas sobre este tema. Esto evidencia que, a pesar del aumento en la cobertura, aún queda mucho por hacer en términos de regulación efectiva y aplicable a nivel global.

Actualmente existen mecanismos de políticas públicas internacionales que estimulan y promueven una mayor responsabilidad de los productores en relación con la gestión de los RAEE. Es así como nació la directiva 2002/96/CE de la Unión Europea, considerada una de las

primeras a nivel mundial, posteriormente dicha norma fue actualizada a la directiva 2012/19/ (Unión, Europea, 2012).

De acuerdo con la Unión Europea (Unión, Europea, 2012), la directiva de la UE de 2012 establece un marco legal para la gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, centrado en la responsabilidad extendida del productor, promoviendo la recolección, reciclaje y reutilización de estos residuos.

La norma fija objetivos ambiciosos de recolección y reciclaje, impulsa la creación de redes de logística inversa y establece rigurosas medidas para el tratamiento de sustancias peligrosas. Además, prioriza la reparación y reutilización de dispositivos, alineándose con los principios de la economía circular, buscando minimizar la generación de desechos y maximizar la recuperación de recursos valiosos. Aunque ha tenido un impacto positivo, la Directiva enfrenta desafíos en la implementación uniforme entre los Estados miembros y en la concienciación ciudadana. A nivel internacional, esta normativa ha servido como referente para la creación de sistemas de gestión de RAEE en diversos países de Latinoamérica, como México, Costa Rica, Brasil, Perú, Colombia, Chile y Ecuador, que buscan mejorar su manejo de residuos electrónicos y reducir los impactos ambientales asociados.

Así como la Unión Europea cuenta con una directiva para la gestión de RAEE, también existen convenios multilaterales como lo son el Convenio de Basilea, el Protocolo de Montreal, el Convenio de Estocolmo y el Convenio de Minamata.

Convenio de Basilea

El Convenio de Basilea es un tratado internacional que regula los movimientos transfronterizos de residuos peligrosos y su eliminación, con el objetivo de minimizar su generación, promover su gestión ambientalmente racional y evitar su exportación a países sin

capacidad adecuada para tratarlos. Establece un sistema de consentimiento previo entre los países exportadores e importadores para asegurar un manejo seguro de estos desechos, y su enmienda más destacada prohíbe la exportación de residuos peligrosos desde países desarrollados a naciones en desarrollo (Convenio De Basilea, 2014).

Protocolo de Montreal

De acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (Naciones Unidas, 2019), el Protocolo de Montreal es un tratado global que busca proteger la capa de ozono mediante el control de la producción y el consumo de sustancias que la agotan (SAO). Este protocolo establece en sus anexos listas de sustancias a controlar, así como equipos que pueden contenerlas. En cuanto a la gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), sus objetivos son relevantes tanto en la fase de manufactura de dispositivos que utilizan SAO, como al final de su vida útil, garantizando una gestión ambientalmente adecuada. Los sectores más involucrados en esta gestión son los de refrigeración y aire acondicionado, cuyos equipos contienen SAO en forma de refrigerantes en los circuitos y en las espumas de poliuretano usadas como aislamiento térmico.

Convenio de Estocolmo

El Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs) es un tratado internacional adoptado en 2001, cuyo objetivo principal es proteger la salud humana y el medio ambiente al regular y eliminar la producción, uso y liberación de contaminantes orgánicos persistentes. (Ministerio de Medio Ambiente, y Desarrollo sostenible, 2017). Estos son compuestos químicos altamente tóxicos, que resisten la degradación, se acumulan en los tejidos vivos y pueden transportarse a largas distancias a través del aire y el agua. El convenio se centra en prohibir o restringir el uso de estos químicos, promover alternativas más seguras y garantizar

la eliminación adecuada de residuos peligrosos, con el fin de reducir los riesgos asociados a sustancias como los pesticidas, productos industriales y subproductos no intencionales que persisten en el entorno.

Contexto Regional

América Latina enfrenta un creciente desafío en la gestión de residuos electrónicos (e-waste), impulsado por el aumento en el uso de dispositivos electrónicos y el crecimiento económico. Aunque algunos países, como Brasil, México y Colombia, han implementado leyes y regulaciones basadas en la Responsabilidad Extendida del Productor (REP), la cobertura legal es desigual y su aplicación varía. La infraestructura para la recolección y el reciclaje de e-waste es insuficiente en la región, lo que conduce a un manejo informal de estos residuos, donde los trabajadores enfrentan riesgos a la salud y el medio ambiente.

A pesar de los desafíos, existen oportunidades para mejorar la gestión de e-waste en América Latina. La adopción de prácticas exitosas de otras regiones y el fortalecimiento de la infraestructura de reciclaje, junto con campañas de concienciación pública, podrían aumentar las tasas de reciclaje formal. Asimismo, el impulso hacia una economía circular y el diseño de productos más sostenibles ofrecen caminos para reducir la generación de residuos electrónicos, promoviendo un manejo más eficiente y seguro de estos desechos en el futuro.

Según un estudio publicado por el (Magalini y otros, 2015), América Latina generó 6.6 kg de desechos electrónicos por persona en el año inmediatamente anterior. Este número está ligeramente por encima del promedio mundial y se espera que año a año haya un crecimiento promedio muy superior al crecimiento mundial.

Contexto Local

En Colombia, el marco regulatorio para la gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) ha evolucionado en respuesta al creciente desafío ambiental y de salud pública que representan estos residuos. El país ha implementado normativas orientadas a fomentar la responsabilidad extendida del productor, con el fin de que los fabricantes, importadores y comercializadores de equipos electrónicos asuman su responsabilidad en el ciclo de vida completo de sus productos.

La Ley 1672 de julio de 2013 de Colombia establece el marco regulatorio para la gestión integral de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) en el país, con el objetivo de reducir los impactos negativos que estos residuos generan sobre el medio ambiente y la salud pública. Esta ley se fundamenta en el principio de responsabilidad extendida del productor (REP), asignando a los fabricantes, importadores y comercializadores de dispositivos electrónicos la obligación de gestionar de manera adecuada los residuos generados por sus productos al final de su vida útil (Republica, 2013).

Uno de los aspectos clave de esta ley es la promoción de la logística inversa, que establece mecanismos para la recolección, tratamiento, reutilización y reciclaje de los RAEE, asegurando que estos materiales no terminen en vertederos o sean manejados de forma inadecuada. La Ley 1672 también incentiva el ecodiseño de productos, fomentando la fabricación de equipos más sostenibles y fáciles de reciclar, contribuyendo así a la reducción en la generación de residuos peligrosos.

Sumado a esto, la norma exige la creación de programas de gestión por parte de las empresas involucradas en la comercialización de productos electrónicos, en colaboración con los entes territoriales, para asegurar que exista una infraestructura adecuada para el manejo de RAEE

en todo el país. Este marco legal sitúa a Colombia en sintonía con las tendencias globales de manejo de residuos electrónicos y la economía circular, promoviendo una gestión más sostenible y responsable en la industria tecnológica (Republica, 2013).

Antes de la promulgación de la Ley 1672 de 2013, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible emitió el Decreto 2041 de 2014, mediante el cual se reguló la licencia ambiental necesaria para la construcción y operación de instalaciones dedicadas al almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento (como la recuperación y el reciclaje), o disposición final de los RAEE. No obstante, este licenciamiento ambiental no aplica a las actividades de reacondicionamiento y reparación de aparatos eléctricos o electrónicos usados, las cuales fueron excluidas de esta regulación (Republica, 2013).

Experiencias Significativas en Logística Inversa en la Gestión del hardware de T.I

Utilizado en el Sector de las Telecomunicaciones

Experiencias Internacionales en Logística Inversa en la Gestión del Hardware de T.I en el Sector de las Telecomunicaciones

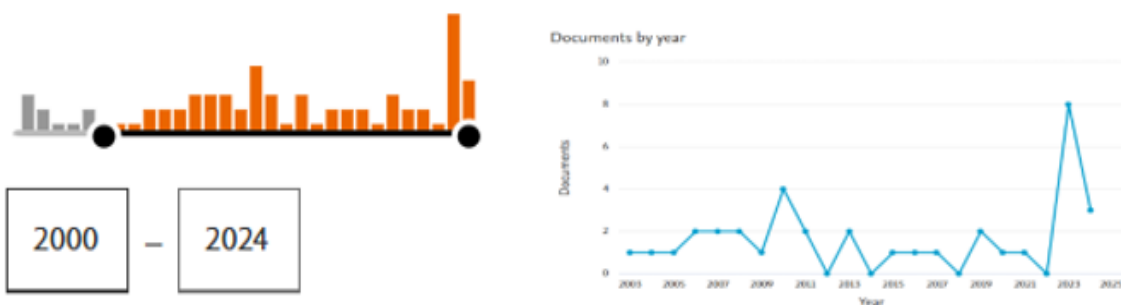
Para poder definir las experiencias significativas en materia de logística inversa frente al hardware de T.I utilizado en el sector de las telecomunicaciones, se desarrolló una revisión sistemática de literatura basado en los siguientes componentes que se establecen en la siguiente tabla:

Tabla 4*Estructura De Búsqueda Sistemática*

Tabla Palabras clave que guiaron la revisión sistemática de la literatura		
Componente 1	Componente 2	Componente 3
Logística Inversa	Hardware	Telecomunicaciones
Reverse Logistics	Aparatos electrónicos	Telecommunication
Logística de retorno	E-waste	Telecom
Logística verde	Electronic waste	TI
Green logistics	Electronic devices	IT
Economía Circular	Electronic gadgets	
Circular economy	RAEE	
Recycling	AEE	
	WEEE	

Fuente: Elaboración propia.

Se ha efectuado la revisión de la literatura en la base de datos Scopus en donde por medio de la ecuación generada, se obtuvieron 33 artículos de los cuales se tienen en cuenta 24 de ellos ya que hacen referencia directa sobre el tema de investigación, la ventana de tiempo aplicada fue del 2000 al 2024, ya desde esta fecha se empiezan a incrementar el número de artículos e investigaciones que abarcan ampliamente la logística inversa y de la cual se empieza a generar una connotación mayor.

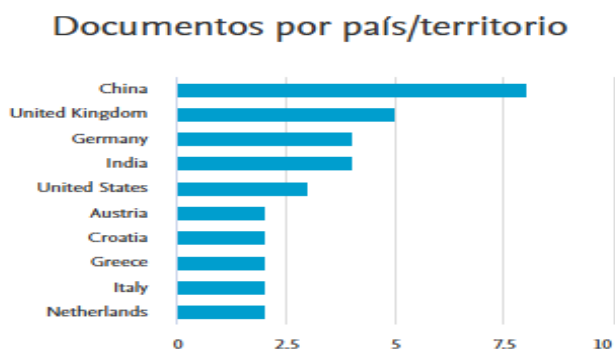
Figura 8*Ventana De Tiempo Aplicada y Escala*

Fuente: Scopus Web Of Science.

De los 24 artículos empleados, se identifican los países de origen, evidenciando que es China y Reino Unido en donde se da el mayor número de publicaciones sobre el tema, así mismo dando a entender que en el contexto internacional hay mucho más interés por el impacto que genera la implementación de sistemas eficientes de logística inversa y los beneficios en la economía circular como estrategia sostenibilidad.

Figura 9

Países Con Mayor Número De Publicaciones Objeto De Estudio

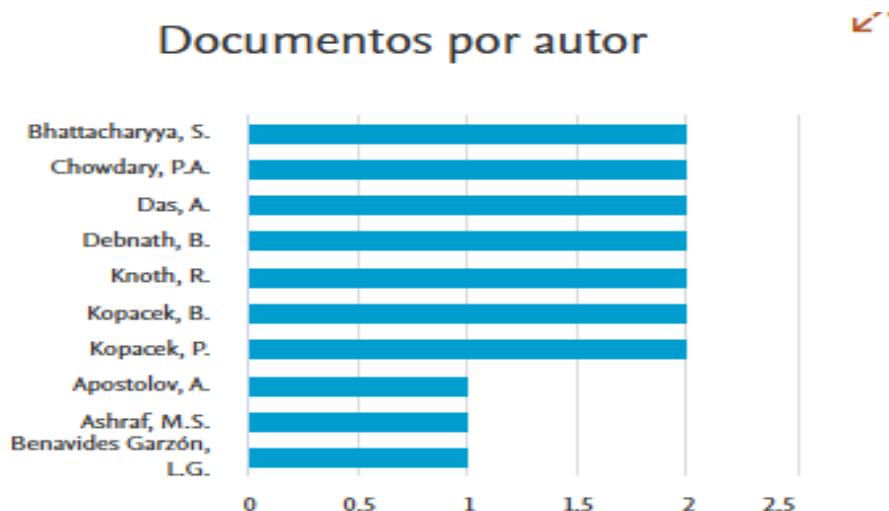


Fuente: Scopus Web Of Science.

Por otro lado, se identifican los autores que han enfocado sus investigaciones en materia de logística inversa como se puede identificar en la siguiente tabla.

Figura 10

Principales Autores En Materia De Logística Inversa



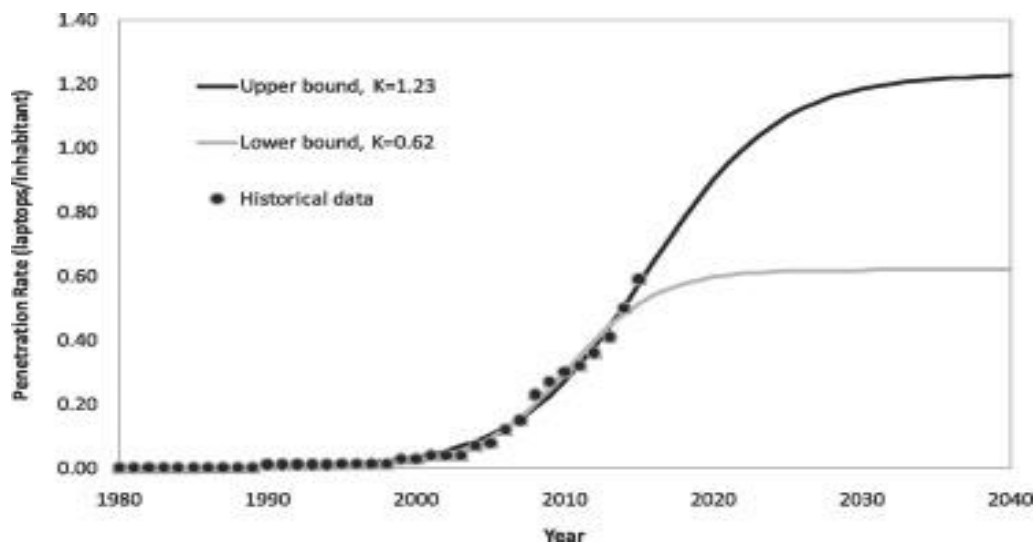
Fuente: Scopus Web Of Science

Se encuentran que las investigaciones son de carácter individual y colaborativo, algunas de las más recientes contienen conceptos clave como reciclaje ecológico y economía digital verde, citados por (Chowdary & Bhattacharyya, 2023) que surgen gracias a la gestión sostenible de residuos electrónicos mediante la combinación efectiva de tecnologías de la información y comunicación y haciendo uso de sistemas inteligentes que permiten la gestión adecuada de residuos electrónicos, de igual manera se mencionan los estándares de una de las mayores industrias internacionales como loes la industria en la India y casos de éxito de compañías que ponen en práctica procesos sostenibles.

Continuando en el contexto internacional, estudios como el de (Kastanaki & Giannis, 2021), desde el inicio de la pandemia realizaron la proyección de fabricación y vida útil de residuos electrónicos en Grecia, que se generan con los nuevos modelos de interacción como el estudio y teletrabajo, del mismo modo realizan una estimación de la cantidad de materias primas, recursos y costos que genera el incremento del uso de dispositivos tecnológicos. La proyección de crecimiento la estimaron desde el 2010 año en el cual el auge de la tecnología alcanzo su punto crítico en el país, así como lo demuestra la siguiente grafica.

Figura 11

Proyección De Saturación Equipos Tecnológicos Grecia

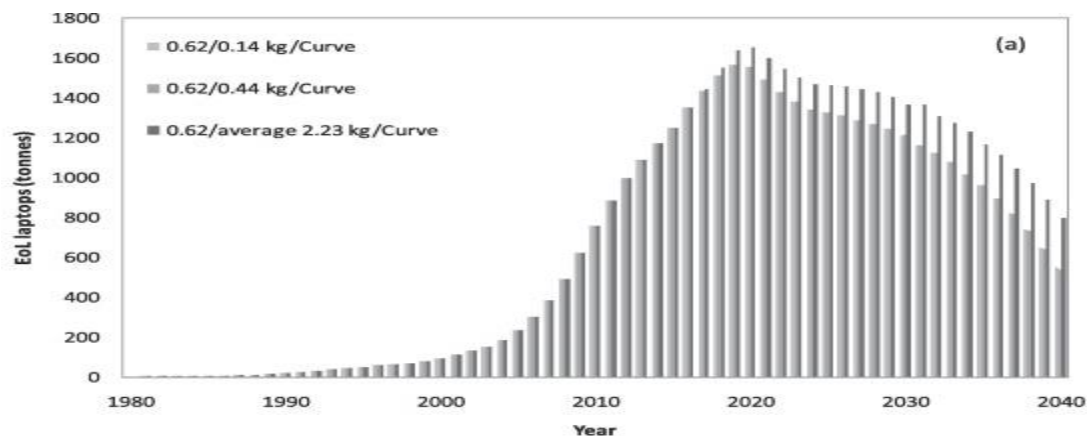


Fuente: Estimación dinámica de los flujos futuros de computadoras portátiles obsoletas y materias primas críticas integradas: el estudio de caso de Grecia (2021).

Se realizó un análisis del impacto de la pandemia del coronavirus en los hábitos de consumo de dispositivos electrónicos en donde se evidencia un pico de crecimiento constante a partir de la década de los dos mil.

Figura 12

Patrón Y Curva Que Refleja El Impacto De La Pandemia De Coronavirus



Fuente:

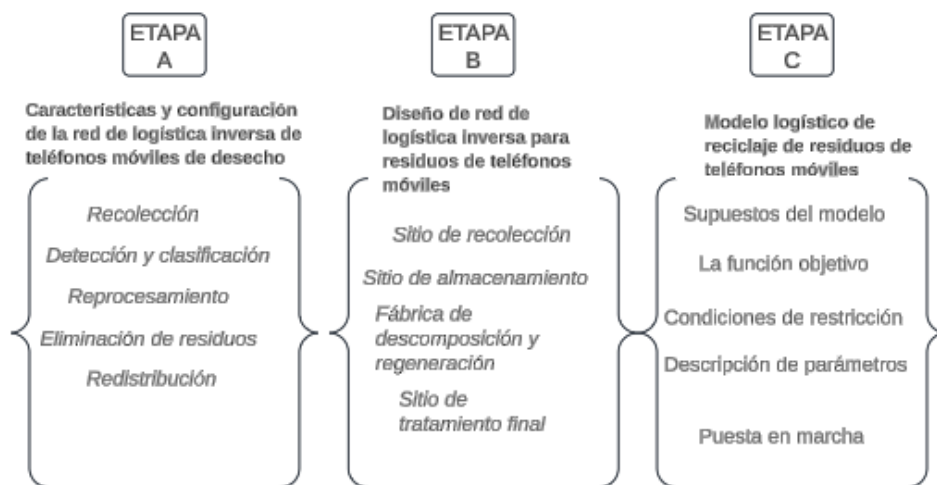
Estimación dinámica de los flujos futuros de computadoras portátiles obsoletas y materias primas críticas integradas: el estudio de caso de Grecia (2021).

En la revisión de artículos adicionales se encuentran otros países ampliamente desarrollados en procesos productivos como China, experimentan un creciente enfoque en el desarrollo económico sostenible, así lo menciona (Liu & Feng Ma, 2020), en su publicación “System dynamics modelling of mixed recycling mode based on contract: a case study of online and offline recycling of E-waste in China” en donde la reutilización de residuos electrónicos (E-waste) se ha vuelto crucial. China, el principal fabricante y consumidor de productos electrónicos, también lidera la generación de desechos electrónicos. Se expone la propuesta de la compañía Huawei la cual implementó un sistema de reciclaje mixto que combina un modelo de reciclaje liderado por fabricantes y otro por minoristas. Se propone un modelo de red de reciclaje de circuito cerrado, en el cual los fabricantes y minoristas colaboran para recolectar y reciclar estos residuos, promoviendo su remanufactura. Mediante simulaciones, identificaron la proporción óptima de reciclaje para maximizar la cooperación y reducir pérdidas por competencia de precios. Esta investigación no solo aportó beneficios a la gestión de residuos en China, sino que también contribuye aportes al desarrollo sostenible y a la eficiencia en el reciclaje global de desechos electrónicos.

De igual manera (Xiang & Yong, 2010), realizan una ponencia en la conferencia internacional sobre comercio y gobierno electrónicos en 2010, en dicha ponencia hablan ampliamente sobre el crecimiento exponencial que ha tenido la fabricación de dispositivos móviles en China. No solo se enfocan en este país, sino que plantean estudios sobre el reciclaje y la disposición final de dispositivos electrónicos en todo el mundo.

Presentan el diseño de una la red logística de reciclaje para este tipo de residuos enfocándose en puntos estratégicos de recogida y almacenamiento presentan los hallazgos de investigación en un modelo de red de reciclaje móvil de residuos y su aplicación en el contexto del comercio electrónico en China, dicho modelo consta de 3 etapas con sus respectivos componentes.

Figura 13

Diseño De Red Logística De Reciclaje De Residuos De Telefonía Móvil

Fuente: Elaboración propia, basado del modelo de reciclaje de telefonía móvil propuesto por (Xiang & Yong, 2010).

El modelo en si busca evitar la alta contaminación basado en resultados de cifras cercanas a las 12.100 toneladas de desechos de teléfonos móviles. Al contener plomo, mercurio, cadmio, cromo, antimonio, berilio, níquel, zinc, PBDE y otras sustancias tóxicas y dañinas, los teléfonos móviles son más dañinos que la basura común una vez que ingresan al medio ambiente. Por lo tanto, desde el punto de vista ambiental, los teléfonos móviles desechados deben usarse y eliminarse adecuadamente para evitar su peligro para el medio ambiente y los seres humanos.

Finalmente concluyen que el aumento rápido de usuarios de teléfonos móviles ha dejado rezagado el desarrollo del reciclaje de dispositivos usados. El modelo anterior propone una red logística para reciclar móviles desechados, optimizando el retorno económico y el impacto ambiental abordando la incertidumbre en la cantidad de residuos generados.

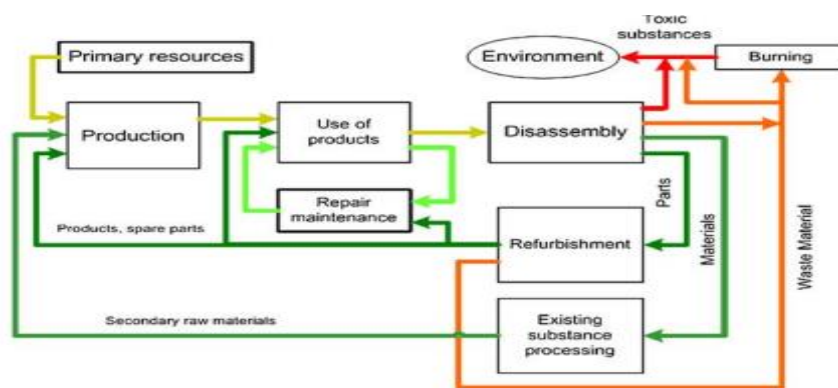
Continuando con los modelos de implementación de logística inversa a nivel internacional, se analiza el caso de la ponencia realizada **por** (Knoth y otros, 2004). En el

simposio internacional sobre electrónica y medio ambiente llevado a cabo en Estados Unidos en 2004, describen la implementación de un innovador sistema de reciclaje y reutilización de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en un proceso que llaman el centro multi ciclo de vida, empleado en una planta piloto en Viena, Austria. Utilizando avanzadas tecnologías de automatización y RFID, el centro permite un reciclaje eficiente y ecológico de equipos de TI, electrónica de consumo, herramientas eléctricas, juguetes y otros dispositivos. El sistema sigue un enfoque de recuperación que prioriza la reutilización completa de los productos, avanzando a nivel de subconjuntos y componentes antes de reciclar los materiales. Este método único busca demostrar la viabilidad de una reutilización ecoeficiente de RAEE a gran escala mediante tecnología sofisticada, destacando el desmontaje semiautomático y la logística inversa basada en RFID.

Se muestra el modelo aplicado.

Figura 14

Centro De Ciclo De Vida Múltiple Para Productos Electrónicos



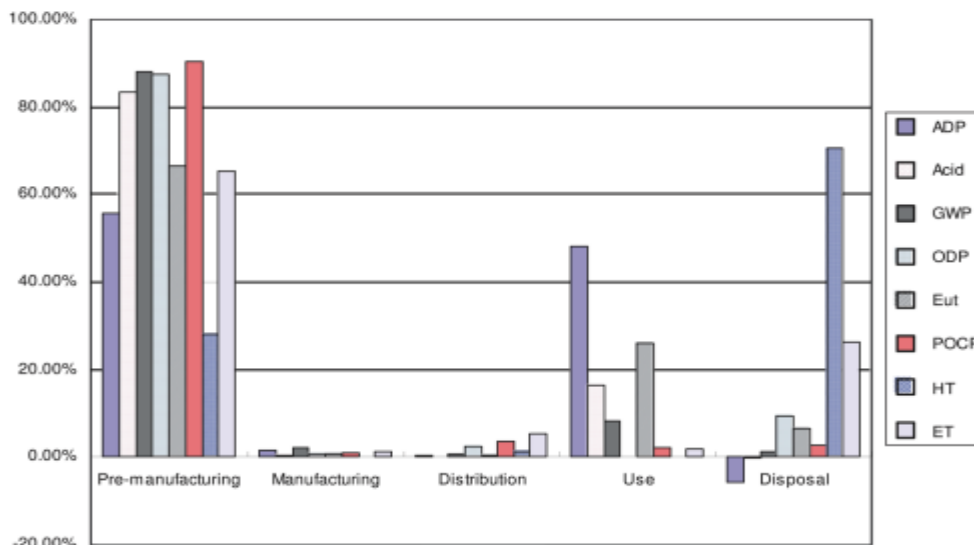
Fuente: Caso de estudio simposio internacional sobre electrónica y medio ambiente (2004).

Se identifica en la revisión de la literatura que el impacto ambiental es una de las principales razones por la cual los gobiernos internacionales buscan fortalecer sus procesos de logística inversa. Sumado a esta iniciativa se encuentra el gobierno de Corea, en donde en el

2006 por medio de los investigadores (Choi y otros, 2006) realizo un estudio para determinar afectaciones ambientales de los equipos electrónicos, y buscar un modelo que les permita reducir al máximo estas afectaciones.

Figura 15

Resultados De La Evaluación Del Impacto Ambiental De Un Ordenador Personal



Fuente: Evaluación del ciclo de vida de una computadora personal y su tasa de reciclaje efectiva (Choi, Shin, lee, & Herir, 2006).

La anterior gráfica mide los efectos ecológicos del agotamiento abiótico (ADP), el calentamiento global (GWP), la ecotoxicidad (ET), la toxicidad humana (HT), la acidificación (ácido), el agotamiento de la zona estratosférica (ODP), la formación de foto oxidantes (POCP) y la eutrofización, todos estos causales de efectos nocivos para el medioambiente y los seres humanos.

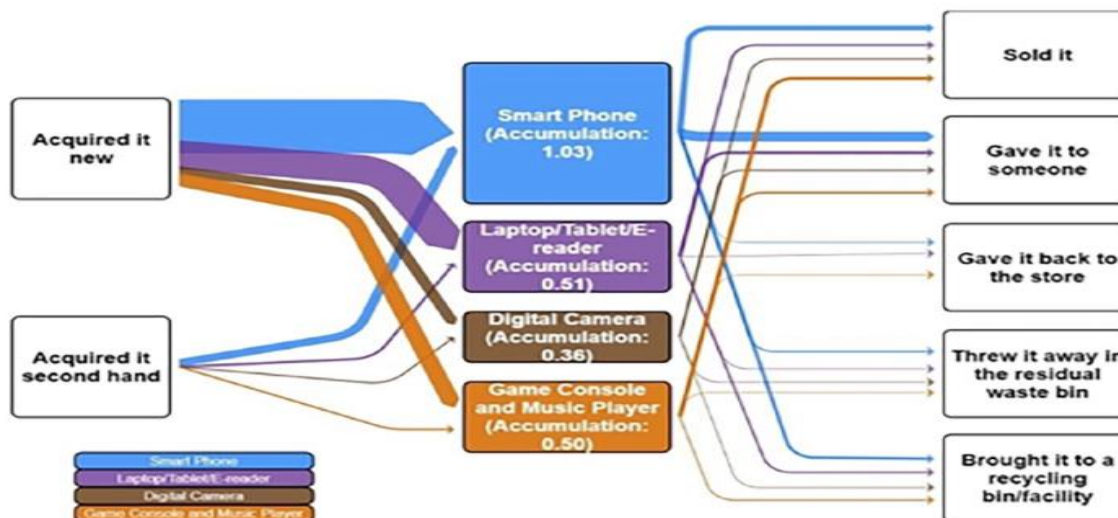
Enfocando la revisión de literatura a las compañías de T.I. los autores (Espino y otros, 2023) nos hablan sobre algunos factores impulsores y barreras para lograr una economía circular de pequeñas empresas de T.I, los efectos surgieron a raíz de dos encuestas que realizaron para

reunir datos sobre pequeñas tecnologías de información desde diferentes perspectivas, una dirigida a ciudadanos y otra a dueños de tiendas. La encuesta para ciudadanos buscaba información sobre la compra, reemplazo, estado de las TI después de su uso, y preferencias sobre la entrega de dispositivos en desuso. Se aplicó a 963 personas en mayores de 13 años. La encuesta para tiendas de electrónica y de segunda mano investigaba políticas de devolución y posibles colaboraciones, contando con la participación de 33 tiendas.

Los resultados indicaron que los dispositivos de TI pequeños de primera mano son preferidos por la mayoría, mientras que solo un 12% se adquiere en tiendas de segunda mano, reflejando los bajos niveles de reutilización. En cuanto al flujo de salida, las tasas de reciclaje son escasas y algunos dispositivos aún terminan en residuos mixtos. Por otro lado el 75% de los encuestados almacenan sus teléfonos antiguos en casa, mostrando una tendencia de acumulación. Del total de dispositivos guardados, el 59% es reutilizable y el 21% reparable, lo que sugiere un alto potencial para mejorar la circularidad mediante la reutilización, reparación y reciclaje de estos.

Figura 16

Ilustración De La Trayectoria Del Promedio De Equipos De Pequeñas Empresas De T.I Cada 3 Años.



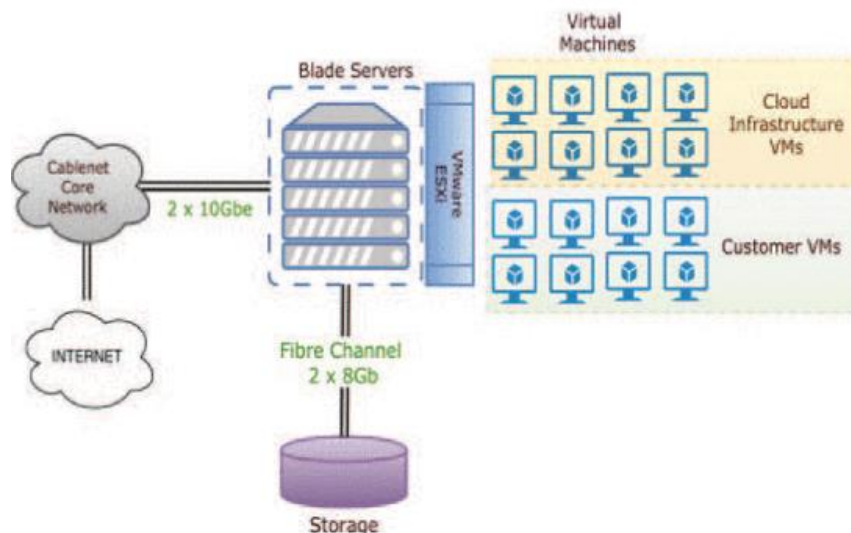
Fuente: (Espino y otros, 2023).

Siguiendo con el mismo alcance, otros estudios en compañías medianas de telecomunicaciones, y prestadoras de servicios en la nube, han desarrollado sistemas piloto para administrar el ciclo de vida de los equipos electrónicos desplegados y la gestión de las cadenas de suministro relacionadas. Así lo exponen (Hatzivasilis y otros, 2019). En dichas compañías, los mecanismos y dispositivos se mantienen, se reparan y se fabrican de forma regular, es por ello por lo que se aplican eficientemente técnicas de computación verde y se prolonga su periodo productivo.

Para conocer qué tipo de dispositivos se deben intervenir de forma prioritaria en el sistema piloto que plantean, primero dan a conocer la arquitectura de servicios en la nube.

Figura 17

Arquitectura De Una Empresa Prestadora De Servicios En La Nube.

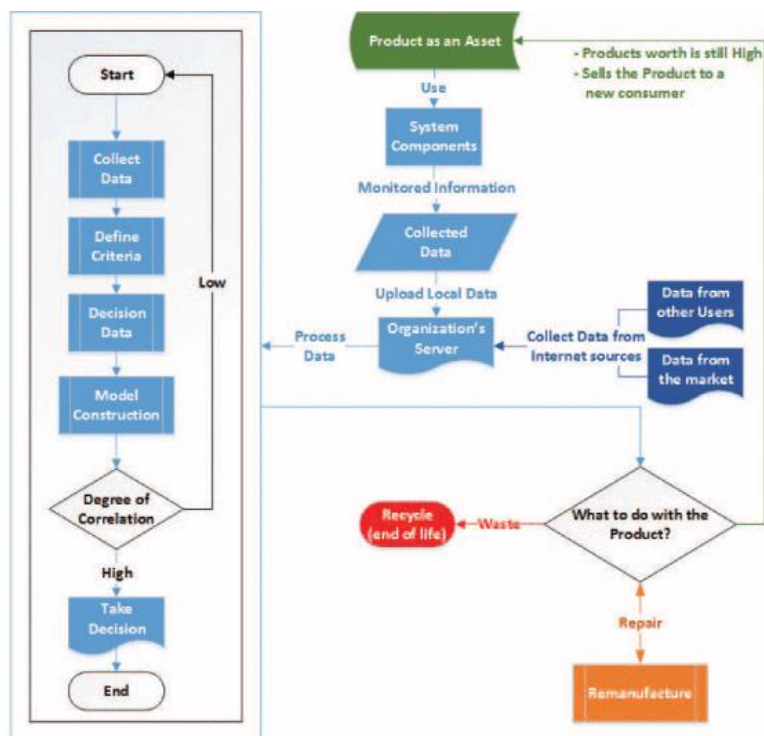


Fuente: Marco CE-IoT para organizaciones de TIC verdes:ICT (2019).

Aparte de los protocolos de seguridad, los softwares y demás intangibles, se identifican herramientas y equipos para ejecutar procesos de respaldo y para identificar mejoras en las aplicaciones como fibras ópticas, servidores, estaciones de trabajo, memorias, CPU, discos etc. Todos ellos con un ciclo de vida definidos y con afectaciones en las cadenas de suministro. A continuación, se muestra el modelo que plantean los autores para monitorear el ciclo de vida de ellos equipos y de qué manera alertar oportunamente sobre el reemplazo de equipos.

Figura 18

Modelo Prueba Piloto CE-Iot- UTA



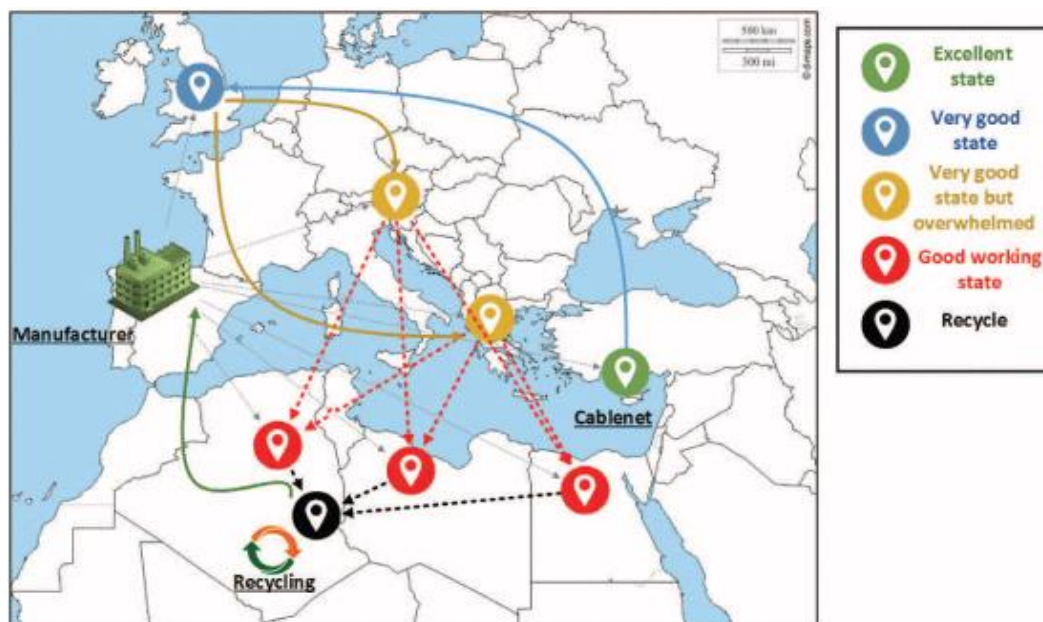
Fuente: El marco CE-IoT para organizaciones de TIC ecológicas (2019).

El estudio indica que de aplicarse el modelo UTA correctamente, se generará una utilidad total de cada una de las tres alternativas que plantea dicho modelo, vender, comprar o reparar. El fabricante toma la decisión final sobre qué hacer con el producto, lo más conveniente es que los activos o equipos se puedan donar a países del tercer mundo que utilizan tecnologías más antiguas en sus redes. Cuando los productos ya no funcionan, se reciclan en empresas cercanas a estas áreas. Finalmente, un subconjunto de materiales útiles se exporta de regreso a los fabricantes y el ciclo comienza de nuevo.

Se presenta la emulación propuesta por los autores de como funcionaria el modelo a gran escala.

Figura 19

Aplicación Emulada Del Modelo Prueba Piloto CE-Iot



Fuente: El marco CE-IoT para organizaciones de TIC ecológicas (2019).

Especificidades de experiencias en el sector de las telecomunicaciones - Caso Colombia

Con el objetivo de complementar los resultados encontrados en la revisión de literatura frente a las experiencias significativas en materia de logística inversa en el sector de las telecomunicaciones para la gestión de residuos electrónicos, se realiza un estudio de tipo descriptivo, con el propósito de reconocer los beneficios que genera en una de las principales compañías prestadoras de servicios de telecomunicaciones.

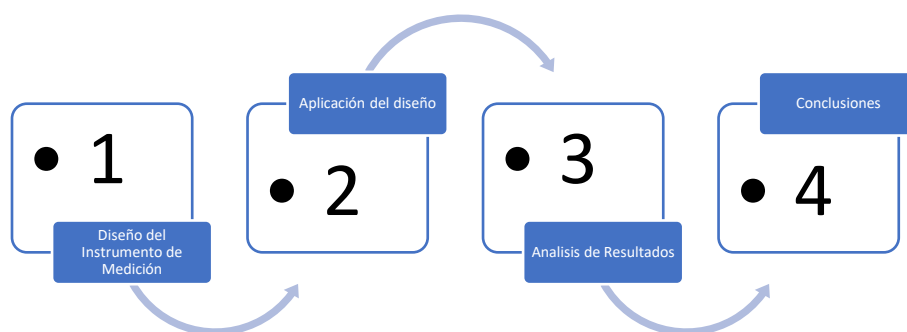
Para el desarrollo de este estudio, en coherencia con lo indicado por (García P. M., 2012), se integra el método de encuesta o investigación por encuesta, en donde la información se obtiene a raíz de cuestionarios y otros instrumentos cerrados indirectos. Este instrumento consiste en aplicar un conjunto de preguntas uniformes a los participantes seleccionados, con el objetivo de identificar las prácticas actuales de gestión de logística inversa, así como los

beneficios percibidos en términos económicos, operativos, ambientales y de sostenibilidad dentro de la organización.

La aplicación del método investigativo se divide en 4 etapas principales, los cuales se resumen como se muestra en la siguiente figura que describe el procedimiento metodológico llevado a cabo.

Figura 20

Procedimiento Metodológico



Fuente: **Elaboración propia.**

Diseño del Instrumento de Medición

El diseño del instrumento contempla específicamente la definición de variables clave como la generación, almacenamiento, recolección, disposición final y cumplimiento normativo de los RAEE.

En esta etapa se desarrolla el instrumento de encuesta estructurada con el objetivo de identificar el estado actual de la organización en relación con el manejo de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) que genera y su disposición. Se elaboran preguntas claras, concisas y alineadas con los objetivos del estudio, asegurando su validez y confiabilidad.

Aplicación del Diseño del Instrumento de Medición

Para la recolección de la información se emplea el instrumento de encuesta incluido como anexo 1, el cual se aplica a una muestra no probabilística por conveniencia de 10 colaboradores activos en una de las principales compañías prestadoras de servicios de telecomunicaciones en la ciudad de Bogotá, Colombia, que participan directa o indirectamente en procesos de devolución, recolección, almacenamiento, reciclaje o disposición final de equipos de hardware de TI.

Resultado y Análisis

A continuación se presentan e interpretan los resultados obtenidos a partir de la encuesta estructurada, cuyo objetivo principal fue analizar la situación actual de la empresa en relación con la gestión de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE). Este análisis permite identificar las principales fortalezas y debilidades en los procesos internos, aportando elementos clave para la toma de decisiones informadas y la definición de posibles acciones orientadas a la mejora continua en el manejo responsable de estos residuos.

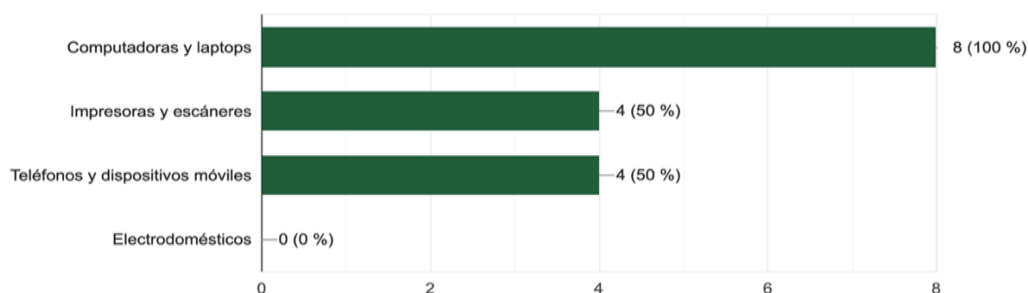
La encuesta fue administrada exclusivamente a una reconocida empresa del sector de telecomunicaciones en Colombia y estuvo dirigida a colaboradores de diversas áreas, tales como tecnología, logística, inventarios, hardware y calidad. Participaron empleados con diferentes niveles de responsabilidad, desde auxiliares y analistas hasta gerentes y coordinadores, con el fin de obtener una visión integral y transversal sobre los procesos de gestión de RAEE dentro de la organización.

Sobre la base de la información recopilada a través de este instrumento, se exponen a continuación los principales resultados obtenidos:

- I. Generación de RAEE

Figura 21

¿Qué tipo de equipos eléctricos y electrónicos utiliza con mayor frecuencia su organización?

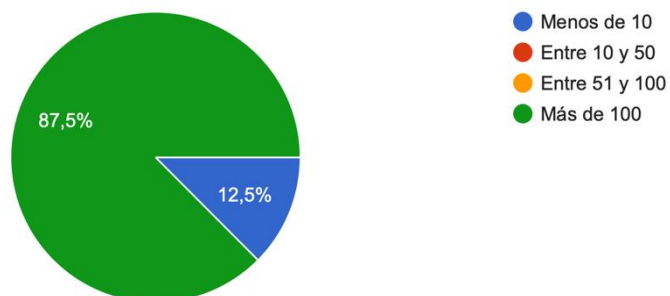


Fuente: Elaboración Propia.

Las respuestas demuestran un enfoque en computadoras, laptops, impresoras, escáneres y teléfonos móviles, dispositivos que constituyen la base operativa tecnológica de la organización.

Figura 22

En promedio, ¿cuántos equipos eléctricos y electrónicos son dados de baja por año?

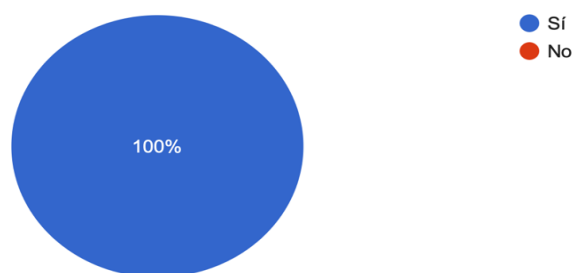


Fuente: Elaboración Propia.

El 87,5% de los participantes reportaron dar de baja más de 100 equipos anualmente, lo que confirma una alta rotación tecnológica y una exigencia significativa sobre los sistemas de control del RAEE.

Figura 23

¿Cuenta su organización con un registro o inventario de los RAEE generados?

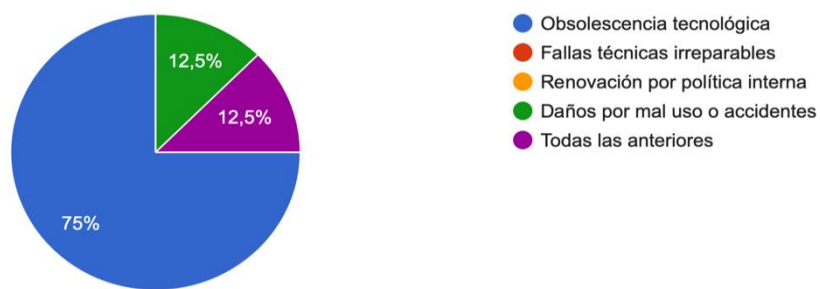


Fuente: Elaboración Propia.

Todos los encuestados afirmaron contar con inventarios formales de RAEE, señalado madurez en la trazabilidad interna.

Figura 24

¿Cuál es la principal causa por la que los equipos son dados de baja?



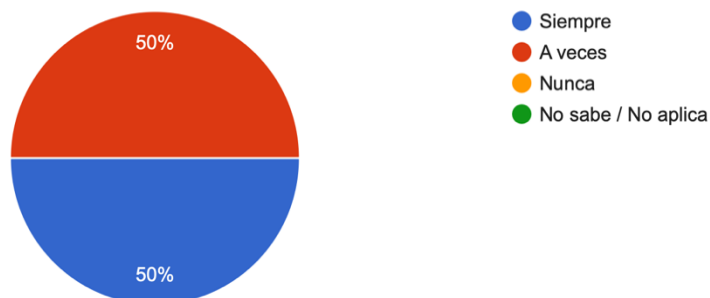
Fuente: Elaboración Propia.

Predomina la obsolescencia tecnológica como la principal causa para retirar equipos del servicio.

II. Almacenamiento de RAEE

Figura 25

¿El almacenamiento cumple con medidas de seguridad y protección ambiental?



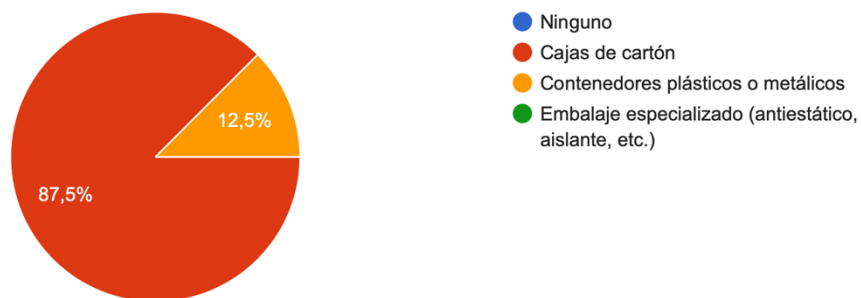
Fuente: Elaboración Propia.

Aunque los puntos de almacenamiento existen en todas las áreas consultadas (bodegas externas, áreas técnicas y de mantenimiento), solo la mitad cumple de manera consistente con medidas de seguridad ambiental. El embalaje predominante sigue siendo la caja de cartón, subrayando la necesidad de fortalecer la protección y minimizar riesgos ambientales o de seguridad.

Como se evidencia en la siguiente gráfica, el 87,5% de los encuestados indica que el almacenaje de los dispositivos son almacenados en cajas de cartón. el cartón no es impermeable ni resistente a golpes fuertes, humedad o intemperie; por ello, debe emplearse solo en lugares protegidos, con pisos impermeables y ambientes controlados, para evitar la degradación del cartón y el consiguiente riesgo de liberación de sustancias peligrosas de los RAEE.

Figura 26

¿Qué tipo de embalaje o protección se utiliza para los RAEE almacenados?

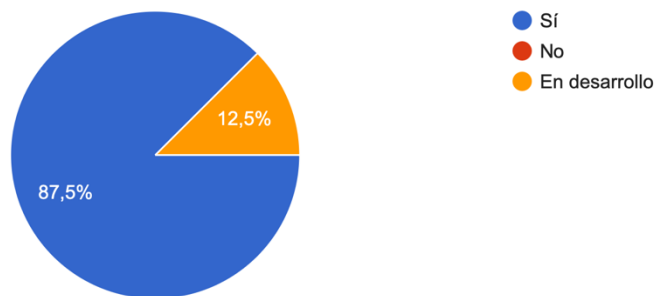


Fuente: Elaboración Propia.

III. Recolección de RAEE

Figura 27

¿La organización tiene un protocolo para la recolección interna de RAEE?



Fuente: Elaboración Propia.

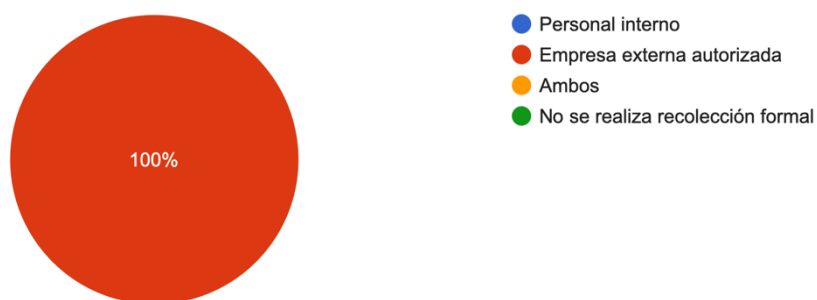
El resultado obtenido muestra que existen protocolos claros y procesos documentados para la recolección interna de residuos, con la mayoría de los casos indicando coordinación interdepartamental.

El 100% de las personas encuestadas muestra total conocimiento acerca de los responsables de realizar la recolección de los RAEE, en este caso siempre es realizada por una empresa externa autorizada, lo permite asegurar el destino ambientalmente adecuado y tener soporte documental válido ante las autoridades.

IV. Disposición Final de RAEE

Figura 28

¿Quién realiza la recolección de los RAEE?

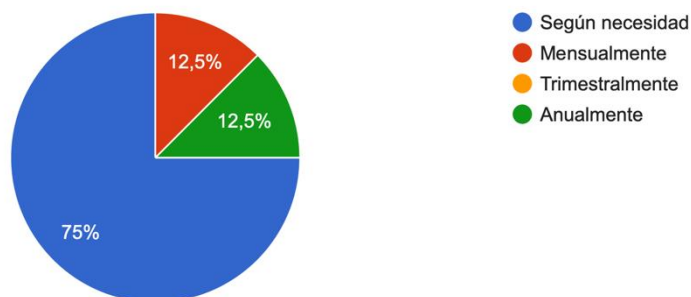


Fuente: Elaboración Propia.

La disposición final se realiza casi exclusivamente a través de empresas autorizadas, práctica que se alinea con los estándares legales y de sostenibilidad corporativa.

Figura 29

¿Con qué frecuencia se realiza la recolección de RAEE?

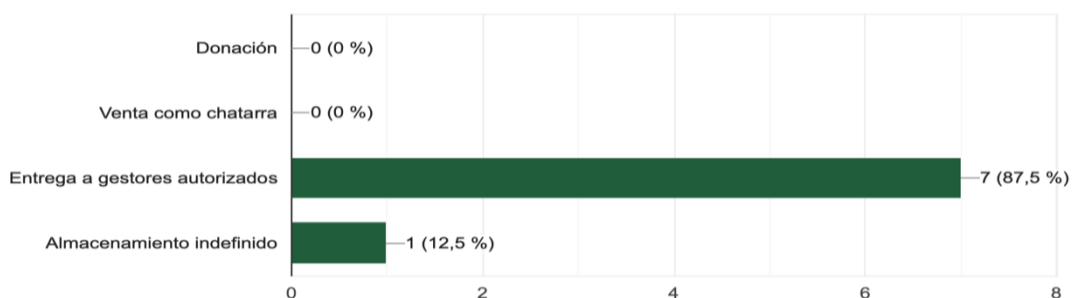


Fuente: Elaboración Propia.

La recolección y disposición suelen ejecutarse "según necesidad", aunque existen casos de periodicidad mensual o anual. Casi todas las áreas generan evidencia documental y verifican la certificación de sus gestores, respetando así el marco normativo.

Figura 30

¿Qué métodos se utilizan para la disposición final de RAEE?



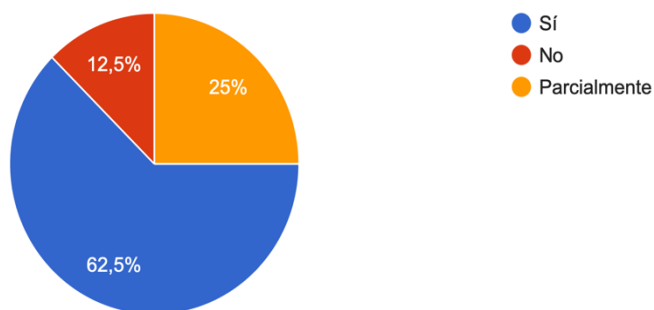
Fuente: Elaboración Propia.

El 87.5 % de los encuestados afirma que la disposición final de los dispositivos se realiza mediante la entrega a gestores autorizados, solo un caso menciona almacenamiento indefinido. Este último representa un riesgo y potencial infracción normativa si se vuelve recurrente. La

entrega a gestores certificados es la única garantía de destino responsable y cumplimiento con la legislación.

Figura 31

¿Se cuenta con evidencia documental del destino final de los RAEE?

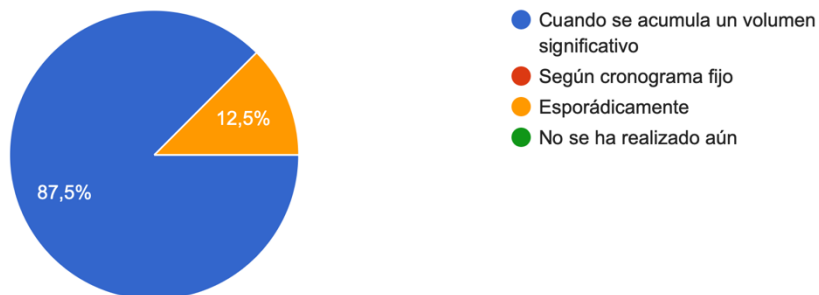


Fuente: Elaboración Propia.

Casi todas las áreas generan evidencia documental y verifican la certificación de sus gestores, respetando así el marco normativo.

Figura 32

¿Con qué frecuencia se realiza la disposición final de RAEE?



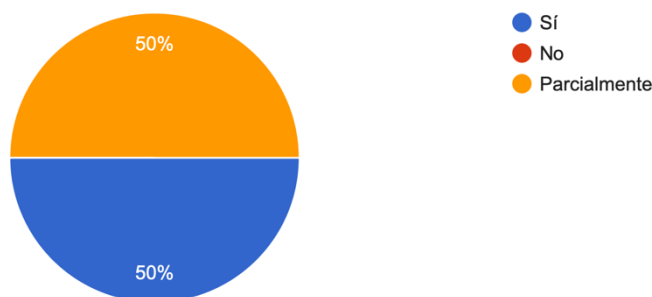
Fuente: Elaboración Propia.

La recolección y disposición suelen ejecutarse "según necesidad", aunque existen casos de periodicidad mensual o anual.

IV. Cumplimiento Normativo

Figura 33

¿La organización conoce la normativa vigente sobre la gestión de RAEE?

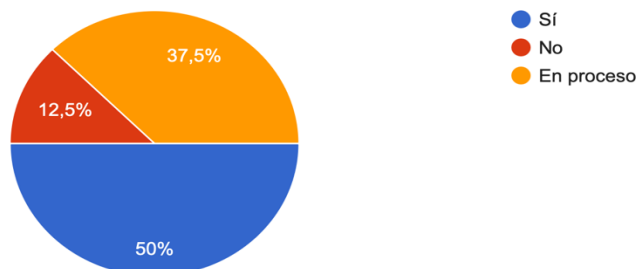


Fuente: Elaboración Propia.

Solo una parte del personal indica conocimiento total sobre la normativa vigente, aunque la mayoría reconoce estar en proceso de fortalecimiento. Este hallazgo sugiere la necesidad de difundir y reforzar la capacitación, para asegurar un cumplimiento institucional y homogéneo.

Figura 34

¿Se han capacitado los empleados sobre el manejo adecuado de RAEE?

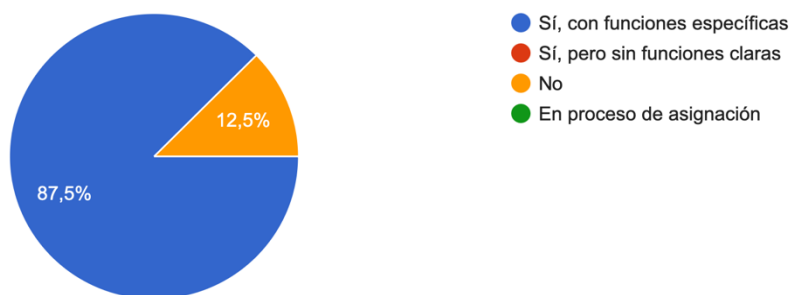


Fuente: Elaboración Propia.

Existen esfuerzos de capacitación, pero su profundidad es variable; varios reportan capacitaciones ocasionales y sólo algunos departamentos lo hacen de manera sistemática. Las auditorías externas han identificado oportunidades de mejora.

Figura 35

¿Existe algún responsable o comité asignado a la gestión de RAEE?



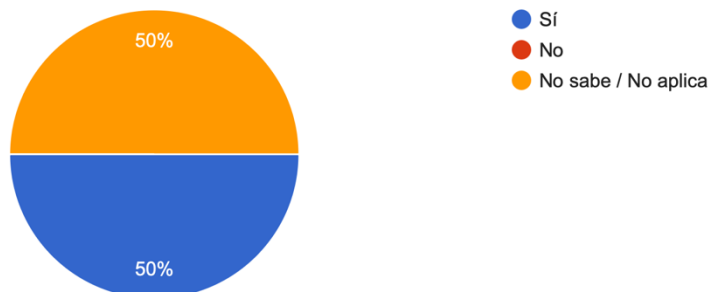
Fuente: Elaboración Propia.

Casi todos los participantes manifiestan contar con responsables asignados y procedimientos escritos, elementos claves para una adecuada gobernanza del RAEE.

VI. Beneficios Financieros

Figura 36

¿La organización ha obtenido ingresos económicos por la venta o valorización de RAEE?

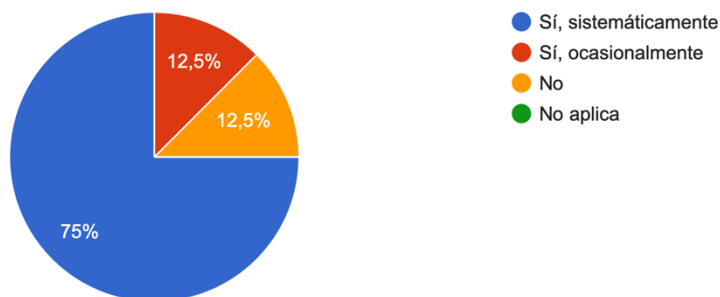


Fuente: Elaboración Propia.

El potencial de valorización está poco explorado o comunicado; representa una oportunidad para agregar valor económico al proceso

Figura 37

¿Se realiza recuperación o reutilización interna de componentes electrónicos?

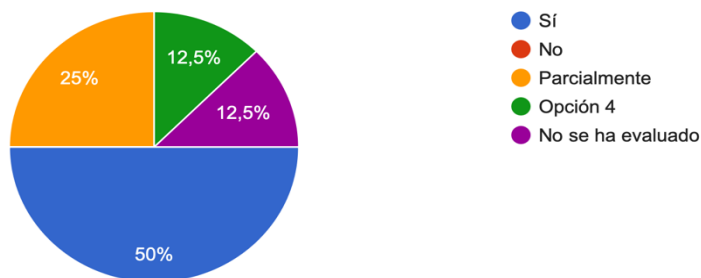


Fuente: Elaboración Propia.

Se destaca la práctica sistemática de recuperación interna de componentes en varias áreas, lo que representa un importante paso hacia la economía circular dentro de la organización.

Figura 38

¿Una gestión adecuada de RAEE ha contribuido a reducir costos operativos o de almacenamiento?



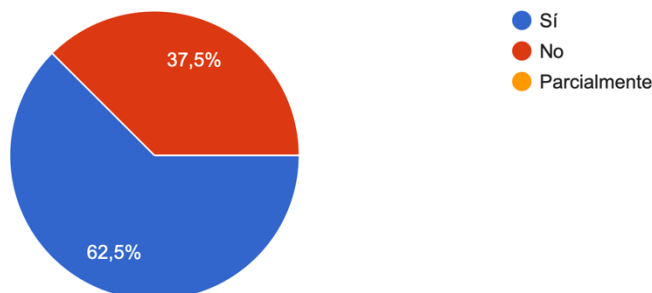
Fuente: Elaboración Propia.

La percepción de reducción de costos por gestión eficiente es limitada. Sumado a esto, no existen incentivos financieros institucionales para fomentar la gestión responsable. Sin embargo,

tal como se muestra en el siguientes gráfico, hay consenso en que estas prácticas fortalecen la imagen corporativa y pueden facilitar oportunidades de negocio.

Figura 39

¿La gestión adecuada de RAEE ha fortalecido la imagen corporativa o facilitado oportunidades de negocio?



Fuente: Elaboración Propia.

Con base en los resultados obtenidos, se evidencia que el entendimiento del funcionamiento de la logística inversa dentro de la organización es heterogéneo, con variaciones significativas según el área, el cargo y el nivel de exposición que tiene cada colaborador al proceso. Si bien se identifica un conocimiento básico y operativo en la mayoría de los casos, evidenciado por la existencia de inventarios, protocolos internos y la entrega de RAEE a gestores autorizados, no se observa una apropiación plenamente homogénea del concepto de logística inversa como parte integral de la gestión ambiental y de los sistemas operativos internos.

Uno de los principales factores que reflejan esta heterogeneidad es el conocimiento sobre la normativa vigente. Solo una parte del personal encuestado manifiesta tener un dominio completo de las regulaciones aplicables a la gestión de RAEE y a los flujos de retorno, mientras que la mayoría señala tener un conocimiento parcial o estar en proceso de fortalecimiento. Esto sugiere que la logística inversa, como proceso estructural de retorno de bienes hacia su cadena de

origen para tratamiento o valorización, no está claramente interiorizada de manera transversal entre todas las áreas de la compañía.

También los resultados muestran una disparidad en los procesos de capacitación. Algunas áreas reportan haber recibido formación sistemática sobre el manejo de RAEE y la gestión de residuos, mientras que otras revelan capacitaciones esporádicas o incluso la ausencia de procesos formativos. Esta disparidad formativa afecta directamente la comprensión integral del ciclo de vida de los equipos electrónicos y del papel estratégico que desempeña la logística inversa en la sostenibilidad corporativa, el cumplimiento normativo y la eficiencia operacional.

Otro indicador de la falta de homogeneidad es la forma en que se gestionan los controles sobre los gestores externos. Aunque varias áreas afirman verificar siempre la certificación de quienes se encargan de la disposición final, este control no es una práctica universal, lo que puede comprometer la trazabilidad y el enfoque preventivo que exige una logística inversa responsable.

En términos generales, la compañía cuenta con estructuras y prácticas que permiten la operación del sistema de logística inversa, pero existe un margen considerable de mejora para que el entendimiento de dicho sistema sea uniforme, profundo y estratégicamente alineado en toda la organización. Para lograrlo, se recomienda diseñar e implementar un programa transversal de formación regular en logística inversa y sostenibilidad, establecer canales eficaces de comunicación interna que resalten los impactos positivos y estratégicos del proceso, e incorporar indicadores de conocimiento y desempeño ambiental en las evaluaciones individuales y de equipo.

En resumen, el funcionamiento de la logística inversa en la organización está institucionalizado, pero su comprensión y apropiación efectiva no son completamente

homogéneas. La estandarización del conocimiento, la integración cultural del concepto y la articulación entre áreas permitirán fortalecer el sistema y consolidarlo como una buena práctica enmarcada en las metas de sostenibilidad, eficiencia y responsabilidad corporativa.

Conclusiones

En el presente trabajo se analizó de manera integral la aplicación de la logística inversa en la gestión del hardware de TI dentro del sector de telecomunicaciones, evidenciando su importancia como estrategia clave para enfrentar el creciente problema ambiental asociado a los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE). Los resultados obtenidos revelan que la implementación adecuada de la logística inversa no solo contribuye a mitigar los impactos

negativos sobre el medio ambiente, sino que también representa una oportunidad para optimizar recursos, reducir costos operativos y fortalecer la sostenibilidad empresarial.

El estudio permitió identificar que, aunque las empresas del sector empiezan a reconocer los beneficios de la logística inversa, aún existen retos significativos relacionados con la educación ambiental, el cumplimiento normativo y la infraestructura necesaria para una gestión eficiente y responsable de los residuos electrónicos. La transversalidad en la gestión, incluyendo áreas como tecnología, logística, inventarios, hardware y calidad es fundamental para garantizar una respuesta integral y coherente que permita mejorar continuamente los procesos y cumplir con la normatividad colombiana vigente.

Asimismo, el análisis muestra que la integración de tecnologías avanzadas y modelos innovadores adaptados localmente, junto con una fuerte colaboración entre actores públicos y privados, es vital para consolidar una cadena de valor sostenible. Destaca la necesidad de fortalecer políticas institucionales, incentivos y campañas de sensibilización que promuevan la cultura del reciclaje y la reutilización, facilitando el tránsito hacia una economía circular en la industria de telecomunicaciones.

Finalmente, se concluye que la logística inversa aporta múltiples beneficios tangibles, tanto desde la perspectiva ambiental como social y económica, posibilitando a las compañías prestadoras de servicios de telecomunicaciones no solo mejorar su desempeño logístico sino también contribuir al desarrollo sostenible. Se recomienda continuar profundizando en la investigación y aplicación de prácticas innovadoras, bajo un enfoque colaborativo y de mejora continua, que fortalezca la gestión integral de RAEE y proteja el medio ambiente para las futuras generaciones.

Limitaciones

El presente estudio presenta algunas limitaciones derivadas principalmente del enfoque geográfico restringido a una única empresa del sector de telecomunicaciones en la ciudad de Bogotá, lo cual puede limitar la extrapolación de los resultados a otras organizaciones o regiones con condiciones y prácticas diversas. Además, la dependencia de datos obtenidos a través de encuestas estructuradas dirigidas a colaboradores internos implica una posible subjetividad en las respuestas, así como la influencia de percepciones individuales que podrían no reflejar completamente la realidad operacional y técnica de la gestión de RAEE.

Por otro lado, el ámbito normativo y tecnológico en torno a la gestión de residuos electrónicos se encuentra en constante evolución, lo que puede hacer que algunos hallazgos y propuestas queden rápidamente desactualizados ante cambios regulatorios o avances técnicos. Adicionalmente, se identificaron limitaciones en cuanto a la infraestructura existente para la recolección y disposición final de los RAEE, que dificultan obtener datos completos y confiables para un análisis exhaustivo. Finalmente, la ausencia de un análisis económico detallado limita la comprensión plena del impacto financiero que la logística inversa genera en la empresa estudiada, dejando abierta la necesidad de futuras investigaciones que profundicen en estos aspectos para fortalecer y ampliar los resultados obtenidos.

Recomendaciones

Para quienes deseen continuar la investigación, se recomienda ampliar la cobertura a diferentes tamaños y perfiles de empresas, incluir metodologías mixtas que permitan complementar los datos cuantitativos con perspectivas cualitativas más profundas, y fortalecer el análisis de variables económicas, ambientales y sociales relacionadas con la valorización de RAEE. Asimismo, resulta pertinente incorporar análisis comparativos con otros sectores y regiones, e investigar el efecto de la capacitación, las innovaciones tecnológicas y el marco normativo vigente en la eficiencia y sostenibilidad de la logística inversa. Tales acciones permitirán consolidar un conocimiento más integral, aportar a la mejora continua de las prácticas empresariales y potenciar el impacto positivo de la gestión responsable del hardware de TI en el sector de telecomunicaciones.

De forma adicional, también se recomienda explorar la integración de tecnologías emergentes como IoT, inteligencia artificial y Big Data para mejorar la trazabilidad y eficiencia de los procesos, así como analizar distintos modelos de gestión, incluyendo estrategias centralizadas, descentralizadas y el outsourcing, e investigar posibilidades dentro de la economía circular como la remanufactura y la reutilización. Resulta fundamental mantenerse al tanto de la evolución normativa y analizar cómo los cambios legales y de responsabilidad social influyen en la adopción y el impacto de la logística inversa, además de evaluar su contribución a la estrategia de sostenibilidad empresarial.

Bibliografía

- Achurra, A. T., & Cruz, R. d. (2024). *La logística inversa como estrategia de desarrollo sostenible en el manejo de neumáticos fuera de uso en Santiago de Veraguas*. Revista Científica Multidisciplinaria,:
- <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/14113>
- Alonso, N. (2023). *Qué es la logística inversa, tipos, ventajas y ejemplos*.
- <https://www.apd.es/logistica-inversa-que-es/>
- Atica. (12 de 09 de 2024). <https://www.atica.co/reciclaje-de-residuos-electronicos-desafios-y-opportunidades-en-colombia#:~:text=En%20Colombia%2C%20el%20acceso%20creciente,de%20e%2Dwas te%20al%20a%C3%B1o>.
- Balde, C., Forti, V., Kuehr, R., & Stegmann, P. (2017). *The Global E-waste Monitor 2017: Quantities, Flows, and Resources*. United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA).:
- https://collections.unu.edu/eserv/UNU:6341/Global-E-waste_Monitor_2017__electronic_single_pages_.pdf
- Bayona, J. (2021). *Solistica*. <https://blog.solistica.com/historias-de-exito/logistica-inversa-en-colombia-caso-de-exito>
- Berna, G. R., & Padilla, A. C. (2011). *Repositorio Unicordoba*.
- <https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/aaf2d80a-d003-410c-b77c-ce06fdd03459/content>

Burgos, J. L., & Salazar, M. d. (2013). *Inventio*.

<https://inventio.uaem.mx/index.php/inventio/article/view/353>

Campos, F. F. (2014). <https://repository.umng.edu.co/server/api/core/bitstreams/78af6090-65c1-4f33-b978-f3367620ccbb/content>

Carter, C., & Ellram, L. (1998). *Logística inversa: una revisión de la literatura y un marco para futuras investigaciones*. Academia.Edu:

https://www.academia.edu/17373468/Reverse_logistics_a_review_of_the_literature_and_framework_for_future_investigation

Castañeda, T. S., & Rodríguez, M. J. (2017). *Modelo de aprovechamiento sustentable de residuos sólidos orgánicos en*. Scielo: <http://www.scielo.org.co/pdf/reus/v19n1/0124-7107-reus-19-01-00116.pdf>

Choi, Shin, lee, & Herir. (2006). *SCOPUS*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-33645399744&doi=10.1065%2f1ca2004.12.196&partnerID=40&md5=2fa85fffe4188faacf2016b10dd1f0e7>

Chowdary, & Bhattacharyya. (2023). *SCOPUS*.

<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-78649655429&doi=10.1109%2fICEE.2010.209&origin=inward&txGid=fbba309a63cecf-d929078830fa6926c3>

Convenio De Basilea. (2014). *Convenio De Basilea*.

<https://www.basel.int/portals/4/basel%20convention/docs/text/baselconventiontext-s.pdf>

- Cullinane, S., & Cullinaneorcida, K. (2021). *La logística de las devoluciones de ropa online en Suecia y cómo reducir su impacto medioambiental*. Scientific Research:
<https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=107229>
- DANE. (2021). *Encuesta de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en Hogares (ENTIC Hogares)*. DANE: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/tecnologia-e-innovacion/tecnologias-de-la-informacion-y-las-comunicaciones-tic/encuesta-de-tecnologias-de-la-informacion-y-las-comunicaciones-en-hogares-entic-hogares>
- Dekker, R., Brito, M., & Flapper, S. (2002). *Reverse Logistics: a review of case studies*. Repud:
<https://repub.eur.nl/pub/561/feweco20020605160859.pdf>
- Departamento Nacional, P. (2022). *DNP*. https://www.dnp.gov.co/Prensa_/Noticias/Paginas/dnp-y-gobierno-apuestan-sector-logistico-pais-con-encuesta-nacional-logistica.aspx
- Departamento Nacional, P. (2022). *DNP*.
https://onl.dnp.gov.co/Documentos%20compartidos/ENL%202022_sin%20video%20ONL.pdf
- Duarte Ramírez, J. J., Gómez Rubiano, D. F., & Ramos de los Ríos, J. A. (2017). *Repositorio U.Sergio Arboleda*. <https://repository.usergioarboleda.edu.co/handle/11232/1273>
- Duarte, J. J., Gomez, D. F., & Ramos, J. A. (2015). *IMPORTANCIA DE LA LOGÍSTICA INVERSA EN LAS EMPRESAS DE TELECOMUNICACIONES EN COLOMBIA*.
 Universidad Sergio Arboleda:
<https://repository.usergioarboleda.edu.co/bitstream/handle/11232/1273/IMPORTANCIA%20DE%20LA%20LOGÍSTICA%20INVERSA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- EcoIndustria. (2024). *EcoIndustria*. <https://ecoindustriasas.com/raee-en-colombia/?srsltid=AfmBOorEflJwJug1xRDEtLfDDRkTVhCi32XxUeltwM8UiM7jwxOpKZ8w>
- Escobar, A. M. (2016). *Factores internos que afectan la aplicación de la logística inversa en Colombia*. Repositorio Unimilitar: <https://repository.unimilitar.edu.co/items/96f86aed-90a0-43de-920a-19f5549cad70>
- Escobar, A., & Manuel, A. (2016). *Repositorio Unimilitar*. <https://repository.umng.edu.co/items/96f86aed-90a0-43de-920a-19f5549cad70>
- Espino, Dubey, Taipa, & Machado. (2023). *SCOPUS*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85170579531&doi=10.1177%2f0734242X21994917&partnerID=40&md5=2788c2eb12a34081120fe2ed3de25bdd>
- Estrada, K. J., Argüelles, V. T., Guaderrama, A. M., & Portillo, M. T. (2015). *Dialnet*. Logística inversa y sustentabilidad: revisión de literatura: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7100126>
- Europea, U. (2012). *Diario Oficial De La Union Europea*. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:197:0038:0071:ES:PDF>
- Forti, V., Valde, C. P., Kuehr, R., & Bel, G. (2020). *Itu*. Observatorio mundial de los residuos electrónicos 2020: Cantidades, flujos y potencial de la economía circular: https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/gen/D-GEN-E_WASTE.01-2020-PDF-S.pdf
- García, K. d. (2019). *Scielo*. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2310-340X2019000300333

García, P. M. (2012). *Los métodos de la investigación*. En P. M. .

<https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-135806/12%20metodologc3ada-1-garcia-y-martinez.pdf>

González, Á. M. (2024). *La logística inversa como práctica sostenible en la cadena de*

suministro del sector textil, de confección y moda: Un análisis de drivers en el contexto colombiano. Repositorio Universidad de Antioquia:

https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/38462/1/AguirreAngela_2024_LogisticaInversaDrivers.pdf

Guide, D., & Van, L. (2002). *The Reverse Supply Chain*. Sustainable Business Practices:

<https://hbr.org/2002/02/the-reverse-supply-chain>

Hatzivasilis, Christodoulakis, Tzagkarakis, Fysarakis, & Panayiotou. (2019). *Scopus*.

<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

[85071929014&doi=10.1109%2fDCOSS.2019.00088&partnerID=40&md5=5a8c70db3dc6030517187d3b90fe763e](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85071929014&doi=10.1109%2fDCOSS.2019.00088&partnerID=40&md5=5a8c70db3dc6030517187d3b90fe763e)

Herrera, C. C. (2022). *¿En Bogotá, a dónde puedes llevar los aparatos electrónicos que ya no*

sirven? Alcaldía de Bogotá: <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/ambiente/donde-se-pueden-llevar-los-aparatos-electronicos-que-ya-no-sirven>

Higuita, M. F. (2023). *INCORPORACIÓN DE LA LOGÍSTICA INVERSA EN LAS EMPRESAS*.

Repositorio Digital Universidad De Envigado:

<https://bibliotecadigital.iue.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12717/3039/1/RI-IUE->

[Pre_A.%20Incorporaci%c3%b3n%20de%20la%20log%c3%adstica%20inversa%20en%20las%20empresas%20colombianas.pdf](https://bibliotecadigital.iue.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12717/3039/1/RI-IUE-Pre_A.%20Incorporaci%c3%b3n%20de%20la%20log%c3%adstica%20inversa%20en%20las%20empresas%20colombianas.pdf)

- Ivalua*. (2025). Principales estrategias de la cadena de suministro para optimizar las operaciones en 2025: <https://es.ivalua.com/blog/principales-estrategias-de-la-cadena-de-suministro-para-optimizar-las-operaciones-en-2025/>
- Kastanaki , & Giannis. (2021). *ScienceDirect*. [https://pdf.sciencedirectassets.com/271837/1-s2.0-S0956053X21X00128/1-s2.0-S0956053X21003858/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEMb%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2FwEaCXVzLWVhc3QtMSJIMEYCIQCUU%2Bsb7fZYFS4JUte67ujfMX0MpWxiu62Swy9027%2BvCAIhAK4TfLLd](https://pdf.sciencedirectassets.com/271837/1-s2.0-S0956053X21X00128/1-s2.0-S0956053X21003858/main.pdf?X-Amz-Security-Token=IQoJb3JpZ2luX2VjEMb%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2FwEaCXVzLWVhc3QtMSJIMEYCIQCUU%2Bsb7fZYFS4JUte67ujfMX0MpWxiu62Swy9027%2BvCAIhAK4TfLLd)
- Khan, S., Liang, Y., & Shahzad, S. (2015). An Empirical Study of Perceived Factors Affecting Customer Satisfaction to Re-Purchase Intention in Online Stores in China. *Scientific Research*, 8.
- Knoth, Brandstötter, & Kopacek. (2004). *SCOPUS*.
<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-4444324004&origin=inward&txGid=482f6ade6ca914b8899a8aa62ff07240>
- Kumar, S., & Malegiant, P. (2006). *Alianza estratégica en una cadena de suministro de circuito cerrado, un caso de fabricante y organización ecologista sin fines de lucro*.
ScienceDirect:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166497205001094>
- Lacoba, S. R. (2003). *Dialnet Unirioja*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=305>
- Lembke, T. (2002). *Emerald*. <https://www.emerald.com/insight/publication/issn/1359-8546>
- LEY 1672, 2. (2013). *Función Pública*.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=53825>

- Liu, D., & Feng Ma, J. (2020). *SCOPUS*. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85085376588&doi=10.1080%2f13873954.2020.1762096&origin=inward&txGid=239378e5df9316f6c29ac04f71c2d577>
- Lopez, A. L. (2018). *Esic University*. www.esic.edu/docs/editorial/articulos/180302_170334.pdf
- López, J. (2010). *Incorporación de la Logística Inversa en la Cadena de Suministros y su influencia en la estructura organizativa de las empresas*. CORA TDX: <https://www.tesisenred.net/handle/10803/1493#page=1>
- Magalini, F., Kuehr, R., & Peter, C. (2015). *eWaste en América Latina: Análisis estadístico y recomendaciones de política pública*. GSMA: https://www.gsma.com/about-us/regions/latin-america/es/gsma_resources/ewaste2015/
- Maldonado, J., & Torres, M. (2021). *Logística inversa, una herramienta para la toma de decisiones*. Inventio: <https://inventio.uaem.mx/index.php/inventio/article/view/353>
- Malpica, W. A., Caicedo, C. A., & Lasso, D. A. (2021). *Estudio de la logística inversa y su importancia en la gestión empresarial de organizaciones sostenibles*. Hemeroteca UNAD: https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/revista-estrategica-organizacio/article/view/5657/5382#content/citation_reference_2
- Martinez, M. Y. (2016). *Estado del arte de la logística inversa como estrategia ambiental aplicada a RAEE*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/6801>
- Michelin, C. F. (2024). *Logística inversa, impacto en el medio ambiente y reducción de costes*. Michelin: <https://connectedfleet.michelin.com/es/blog/logistica-inversa-impacto-en-el-medio-ambiente-y-reduccion-de-costes/>

Ministerio de Medio Ambiente, y Desarrollo sostenible. (2017). *Politica Nacional*.

https://archivo.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/e-book_rae_/contenido_2_1_2.html

Monroy, N., & Ahumada, M. C. (2006). *Scielo*.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-49932006000100003&lang=es

Morales, C. F., Cruz, N. J., Payares, Á., & Torres, O. M. (2018). *Repositorio Universidad EAN*.

<https://repository.universidadean.edu.co/server/api/core/bitstreams/e268b84b-b62a-49b7-8717-e1c37a3823e5/content>

Morales, C., Cruz, N. J., Payares, A., & Torres, O. M. (2018). *LA GESTIÓN DE LA LOGÍSTICA*

INVERSA COMO ESTRATEGIA INDISPENSABLE EN EL CRECIMIENTO DE LAS

EMPRESAS DEL SUBSECTOR DEL PLÁSTICO EN BOGOTÁ. Universidad ean:

<https://repository.universidadean.edu.co/server/api/core/bitstreams/e268b84b-b62a-49b7-8717-e1c37a3823e5/content>

Naciones Unidas. (2019). *Los desechos electrónicos, una oportunidad de oro para el trabajo*

decente. Noticias ONU: <https://news.un.org/es/story/2019/04/1455621>

Naciones unidas, U. d. (2014). *MinAmbiente*. [https://www.minambiente.gov.co/wp-](https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Politica_RAEE.pdf)

[content/uploads/2021/10/Politica_RAEE.pdf](https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Politica_RAEE.pdf)

Naciones,Unidas. (2019). *Naciones Unidas*. [https://www.un.org/es/observances/ozone-](https://www.un.org/es/observances/ozone-day#:~:text=Protocolo%20de%20Montreal,-El%20objetivo%20principal&text=Exige%20el%20control%20de%20casi,de%20eventualmente%20eliminarlas%20por%20completo.)

[day#:~:text=Protocolo%20de%20Montreal,-](https://www.un.org/es/observances/ozone-day#:~:text=Protocolo%20de%20Montreal,-El%20objetivo%20principal&text=Exige%20el%20control%20de%20casi,de%20eventualmente%20eliminarlas%20por%20completo.)

[El%20objetivo%20principal&text=Exige%20el%20control%20de%20casi,de%20eventu-](https://www.un.org/es/observances/ozone-day#:~:text=Protocolo%20de%20Montreal,-El%20objetivo%20principal&text=Exige%20el%20control%20de%20casi,de%20eventualmente%20eliminarlas%20por%20completo.)

[almente%20eliminarlas%20por%20completo.](https://www.un.org/es/observances/ozone-day#:~:text=Protocolo%20de%20Montreal,-El%20objetivo%20principal&text=Exige%20el%20control%20de%20casi,de%20eventualmente%20eliminarlas%20por%20completo.)

Nagore, A. (2023). *Qué es la logística inversa, tipos, ventajas y ejemplos*. apd:

<https://www.apd.es/logistica-inversa-que-es/>

Parada, J. L. (2010). *Repositorio Universidad De Barcelona*.

https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/35383/10/09.JLP_9de10.pdf

Portocarrero, R. X. (2016). *Repositorio Universidad de San Buenaventura Seccional Cartagena*.

<https://bibliotecadigital.usb.edu.co/server/api/core/bitstreams/b79aae1b-8117-48eb-8079-e846b1f89b0f/content>

Prieto, J. D. (2021). *Repositorio Universidad Nueva Granada*.

<https://repository.umng.edu.co/server/api/core/bitstreams/59d70e45-24d2-4ced-bb8e-c9f1e95f5cd1/content>

Profitline. (2016). *Profitline*. Profitline: [https://profitline.com.co/dos-empresas-colombianas-se-](https://profitline.com.co/dos-empresas-colombianas-se-unen-resolver-problematicas-logistica-inversa/)

[unen-resolver-problematicas-logistica-inversa/](https://profitline.com.co/dos-empresas-colombianas-se-unen-resolver-problematicas-logistica-inversa/)

Quintero, R. X. (2016). *LA LOGÍSTICA INVERSA COMO FUENTE DE VENTAJA*

COMPETITIVA PARA LAS ORGANIZACIONES COLOMBIANAS. Biblioteca Digital

usb: <https://bibliotecadigital.usb.edu.co/server/api/core/bitstreams/b79aae1b-8117-48eb-8079-e846b1f89b0f/content>

Republica, C. D. (2013). *Congreso De La Republica*. [https://www.minambiente.gov.co/wp-](https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/ley-1672-2013.pdf)

[content/uploads/2021/06/ley-1672-2013.pdf](https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/ley-1672-2013.pdf)

Riaño-Becerra, M. E. (2018). *Repositorio Universidad Católica de Colombia*.

<https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/e575f8ff-1c0d-4b00-81b0-895f788c438b>

- Rincón, D. (18 de 12 de 2017). *La basura electrónica y sus riesgos para la salud*. El Tiempo:
<https://www.eltiempo.com/salud/que-es-la-basura-electronica-y-cuales-son-sus-riesgos-para-la-salud-162986>
- Sathish, T., & Jayaprakash, J. (2017). *OPTIMIZING SUPPLY CHAIN IN REVERSE LOGISTICS*. Trans Stellar:
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/55497478/63.IJMPERDDEC201763-libre.pdf?1515576326=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DOPTIMIZING_SUPPLY_CHAIN_IN_REVERSE_LOGIS.pdf&Expires=1738126148&Signature=gk-gdt5Nj1Ptcee8~fleLITxnf7tW2weMf0MMT4tEU
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2016). *Cantidad en kilogramos de residuos de pilas y/o acumuladores recolectados por programas posconsumo en Bogotá*. Ecolecta:
<https://oab.ambientebogota.gov.co/ecolecta-despues-de-usar-mejor-reciclar/>
- Silva, A. (2015). *IMPORTANCIA DE LA LOGISTICA INVERSA Y SU IMPACTO EN EL MEDIO AMBIENTE*. Tau University: <https://tauniversity.org/sites/default/files/journal-repository/articulo-final-a-silva-arbitrado-ok-y-aprobado.pdf>
- T. Sathish, J. J. (2017). *Scispace*. <https://scispace.com/pdf/optimizing-supply-chain-in-reverse-logistics-2841cgh5mi.pdf>
- Torres, A. C. (2013). <https://revistas.lasalle.edu.co/files-articles/gs/vol6/iss2/8/fulltext.pdf>
- Transeop. (2025). *Transeop*. <https://www.transeop.com/blog/Logistica-Inversa/311/>
- Unión, Europea. (2012). *European Union*. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2012/19/oj>
- Vargas, D. (2017). *Esan*. <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/donde-empieza-y-donde-termina-la-logistica-inversa>

Vázquez, J. F. (2008). *Dialnet Logística inversa*.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3346655>

Wassenhove, V. D. (2002). *Harvard Business Review*. <https://hbr.org/2002/02/the-reverse-supply-chain>

Xiang, & Yong. (2010). *SCOPUS*. <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-78649655429&doi=10.1109%2fICEE.2010.209&origin=inward&txGid=fbba309a63cecf-d929078830fa6926c3>

Apéndice

Apéndice A. Cuestionario

ENCUESTA DIAGNÓSTICA SOBRE EL MANEJO DE RAEE EN LA ORGANIZACIÓN

Objetivo: Identificar el estado actual de la organización respecto a la gestión de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), considerando variables clave como generación, almacenamiento, recolección, disposición final, cumplimiento normativo y beneficios financieros.

Instrucciones: Marque la opción que mejor describa la situación de su organización. La información será utilizada exclusivamente con fines de diagnóstico ambiental y mejora continua.

¿Autoriza usted el tratamiento de sus datos personales conforme a la Ley 1581 de 2012 y el Decreto 1377 de 2013?

Sí, autorizo el tratamiento de mis datos personales.

No autorizo el tratamiento de mis datos personales.

Datos Generales

Nombre de la organización: _____

Área o departamento: _____

Cargo del encuestado: _____

Fecha: ____ / ____ / _____

I. Generación de RAEE

¿Qué tipo de equipos eléctricos y electrónicos utiliza con mayor frecuencia su organización?

(Puede marcar más de una opción)

- Computadoras y laptops
- Impresoras y escáneres
- Teléfonos y dispositivos móviles
- Equipos de red y servidores
- Electrodomésticos
- Otros (especifique): _____

En promedio, ¿cuántos equipos eléctricos y electrónicos son dados de baja por año?

- Menos de 10
- Entre 10 y 50
- Entre 51 y 100
- Más de 100

¿Cuenta su organización con un registro o inventario de los RAEE generados?

- Sí
- No

¿Cuál es la principal causa por la que los equipos son dados de baja?

- Obsolescencia tecnológica
- Fallas técnicas irreparables

- Renovación por política interna
 - Daños por mal uso o accidentes
 - Otro: _____
-

II. Almacenamiento de RAEE

¿Existe un espacio físico designado para almacenar los RAEE?

- Sí
- No

¿El almacenamiento cumple con medidas de seguridad y protección ambiental?

- Siempre
- A veces
- Nunca
- No sabe / No aplica

¿Dónde se ubica el área de almacenamiento de RAEE?

- En instalaciones centrales
- En áreas técnicas o de mantenimiento
- En bodegas externas
- Otro: _____

¿Qué tipo de embalaje o protección se utiliza para los RAEE almacenados?

- Ninguno
- Cajas de cartón

- Contenedores plásticos o metálicos
 - Embalaje especializado (antiestático, aislante, etc.)
 - Otro: _____
-

III. Recolección de RAEE

¿La organización tiene un protocolo para la recolección interna de RAEE?

- Sí
- No
- En desarrollo

¿Quién realiza la recolección de los RAEE?

- Personal interno
- Empresa externa autorizada
- Ambos
- No se realiza recolección formal

¿Con qué frecuencia se realiza la recolección de RAEE?

- Según necesidad
- Mensualmente
- Trimestralmente
- Anualmente
- Otro: _____

¿Existe coordinación entre áreas para facilitar la recolección de RAEE?

Sí, mediante procedimientos establecidos

Sí, pero de forma informal

No

No aplica

IV. Disposición Final de RAEE

¿Qué métodos se utilizan para la disposición final de RAEE?

(Puede marcar más de una opción)

Donación

Venta como chatarra

Entrega a gestores autorizados

Almacenamiento indefinido

Otro: _____

¿Se cuenta con evidencia documental del destino final de los RAEE?

Sí

No

Parcialmente

¿Con qué frecuencia se realiza la disposición final de RAEE?

Cuando se acumula un volumen significativo

Según cronograma fijo

Esporádicamente

No se ha realizado aún

¿Se verifica que los gestores o compradores estén autorizados o certificados?

Sí, siempre

A veces

No

No se sabe

V. Cumplimiento Normativo

¿La organización conoce la normativa vigente sobre la gestión de RAEE?

Sí

No

Parcialmente

¿Se han capacitado los empleados sobre el manejo adecuado de RAEE?

Sí

No

En proceso

¿La organización ha sido auditada o inspeccionada respecto a la gestión de RAEE?

Sí, y cumplimos con los requisitos

Sí, pero hubo observaciones

No

No sabe / No aplica

¿Existe algún responsable o comité asignado a la gestión de RAEE?

- Sí, con funciones específicas
- Sí, pero sin funciones claras
- No
- En proceso de asignación

¿Se cuenta con una política o procedimiento documentado para la gestión de RAEE?

- Sí
 - No
 - En desarrollo
-

VI. Beneficios Financieros

¿La organización ha obtenido ingresos económicos por la venta o valorización de RAEE?

- Sí
- No
- No sabe / No aplica

Si respondió “Sí”, ¿con qué frecuencia se obtienen estos ingresos?

- Regularmente
- Ocasionalmente
- Esporádicamente

¿Se realiza recuperación o reutilización interna de componentes electrónicos?

Sí, sistemáticamente

Sí, ocasionalmente

No

No aplica

¿Una gestión adecuada de RAEE ha contribuido a reducir costos operativos o de almacenamiento?

Sí

No

Parcialmente

No se ha evaluado

¿Existen incentivos financieros para promover la gestión responsable de RAEE?

Sí

No

En evaluación

¿La gestión adecuada de RAEE ha fortalecido la imagen corporativa o facilitado oportunidades de negocio?

Sí

No

Parcialmente