



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Estado del Arte de la literatura académica sobre logística
inversa en el sector de la automoción.

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Ingeniería Avanzada de Producción,
Logística y Cadena de Suministro

AUTOR/A: Larrañaga Cordones, Javier

Tutor/a: Castello Sirvent, Fernando

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024



Resumen

En este trabajo se lleva a cabo un análisis de la literatura académica sobre la logística inversa aplicado al sector de la automoción, ya que esta actividad ha emergido como una disciplina a tener en cuenta en la gestión de la cadena de suministro, en industrias como la del automóvil. Se presenta una revisión bibliográfica sobre este tema mediante la búsqueda de artículos y documentos de interés en una base de datos del ámbito científico, estableciendo una definición de logística inversa y se contextualiza su importancia en la industria de la automoción. Además, se enuncian los procesos que integran a esta actividad y las tecnologías y herramientas utilizadas para la mejora de dichos procesos y tomar la mejor decisión. Tras el análisis de los artículos seleccionados, se establece la evolución de la agenda de investigación sobre este campo de estudio, estableciendo unas conclusiones y se proponen futuras líneas de investigación.

Palabras claves: Logística inversa, automoción, automovilismo, gestión de residuos, economía circular, tecnologías de reciclaje, sostenibilidad, impacto medioambiental, optimización de procesos.



Abstract

This paper carries out an analysis of the academic literature on reverse logistics applied to the automotive sector, since this activity has emerged as a discipline to be taken into account in the management of the supply chain in industries such as the automotive industry. A bibliographic review is presented on this subject by searching for articles and documents of interest in a scientific database, establishing a definition of reverse logistics and contextualising its importance in the automotive industry. In addition, the processes involved in this activity and the technologies and tools used to improve these processes and make the best decision are described. After analysing the selected articles, the evolution of the research agenda in this field of study is established, conclusions are drawn and future lines of research are proposed.

Keywords: Reverse logistics, automotive, waste management, circular economy, recycling technologies, sustainability, environmental impact, process optimization.



Índice

| | |
|--|----|
| 1. Introducción | 8 |
| 1.1. Objetivos del estudio | 9 |
| 1.2. Estructura de la investigación..... | 9 |
| 2. Marco teórico..... | 10 |
| 2.1. Definición de logística inversa | 10 |
| 2.2. Aplicaciones de la logística inversa | 13 |
| 2.5. Procesos de la logística inversa | 14 |
| 2.5.1. Reciclaje..... | 16 |
| 2.5.2. Reutilización | 17 |
| 2.5.3. Refabricación..... | 18 |
| 2.6. Logística inversa en el sector de la automoción | 19 |
| 2.6.1. Situación del sector de la automoción | 19 |
| 2.6.2. Funcionamiento de la logística en el sector de la automoción..... | 20 |
| 3. Metodología..... | 22 |
| 3.1. Herramientas empleadas..... | 23 |
| 3.1.1. Scopus | 23 |
| 3.1.2. VOSviewer | 24 |
| 3.2. Diseño de la investigación..... | 24 |
| 3.3. Análisis de la búsqueda y selección de fuentes..... | 26 |
| 3.3.1. Análisis Scopus..... | 26 |
| 3.3.2. Análisis VOSviewer..... | 29 |
| 4. Resultados, discusión de los hallazgos e implicaciones | 34 |
| 4.1. Selección de artículos | 34 |
| 4.2. Proceso de recolección y análisis de los documentos seleccionados | 49 |
| 4.2.1. Stakeholders | 52 |
| 4.2.2. Barreras | 54 |
| 4.2.3. Desempeño de la cadena de suministro..... | 57 |



| | |
|---|----|
| 4.2.4. VFVU (Vehículos al final de su vida útil) | 69 |
| 4.2.5. Proveedores | 77 |
| 4.2.6. Buenas prácticas | 81 |
| 4.2.7. Toma de decisiones | 83 |
| 4.3. Resultados | 85 |
| 5. Conclusiones | 90 |
| 6. Limitaciones del estudio y áreas de investigación futuras | 92 |
| 7. Bibliografía | 93 |
| 8. Anexo | 99 |
| 8.1. Anexo I. Relación del trabajo con los objetivos de desarrollo sostenible de la Agenda 2030 | 99 |

Índice de ilustraciones

| | |
|---|----|
| Ilustración 1. Flujo logístico propuesto por Rubio Lacoba. Fuente: Adaptado de (Lacoba, 2003) | 11 |
| Ilustración 2. Proceso genérico de la logística inversa. Fuente: elaboración propia..... | 16 |
| Ilustración 3. Producción de vehículos entre 1999 y 2021. Fuente: (Zhang, Yu, Yan, Wang, & Subramanian, 2023)..... | 19 |
| Ilustración 4. Cadena de suministro de ciclo cerrado para el sector de la automoción. Fuente (Zhang, Yu, Yan, Wang, & Subramanian, 2023)..... | 21 |
| Ilustración 5. Logo Scopus. Fuente: (Scopus, 2023) | 24 |
| Ilustración 6. Logo VOSviewer. Fuente: VOSviewer. | 24 |
| Ilustración 7. Publicación de documentos cada año en Scopus (2001-2023). Fuente: (Scopus, 2024)..... | 26 |
| Ilustración 8. Categorías de estudio en Scopus. Fuente: adaptado de (Scopus, 2024) | 28 |
| Ilustración 9. Co-autoría de países en Scopus. Fuente: elaboración propia a partir de VOSviewer..... | 31 |
| Ilustración 10. Análisis de coocurrencias de Scopus. Fuente: elaboración propia a partir de la herramienta VOSviewer. | 32 |
| Ilustración 11. Análisis de acoplamiento bibliográfico de Scopus. Fuente: elaboración propia a partir de la herramienta VOSviewer. | 33 |
| Ilustración 12. Esquema de la selección de documentos. Fuente: elaboración propia. | 34 |
| Ilustración 13. Esquema de la metodología del artículo 30, utilizando el método DEMATEL y ISM. Fuente: (Sonar, Mukherjee, Gunasekaran, & Singh, 2022)..... | 68 |
| Ilustración 14. Factores de riesgo a la hora de seleccionar proveedores en la logística inversa. Fuente: (Zarbakshshnia, Soleimani, & Ghaderi, 2018) | 79 |



Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Diferencias entre la logística directa y la logística inversa. Fuente: Adaptado de (Oltra Badenes, Gil Gómez, Bellver López, & Asensio Cuesta, 2012)..... | 12 |
| Tabla 2. Búsquedas realizadas en Scopus. Fuente: elaboración propia. | 25 |
| Tabla 3. Artículos seleccionados. Fuente: elaboración propia..... | 36 |
| Tabla 4. Clasificación artículos seleccionados. Fuente: elaboración propia. | 51 |
| Tabla 5. Hallazgos de los artículos enfocados al desempeño de la cadena de suministro. Fuente: elaboración propia. | 58 |
| Tabla 6. Artículos que aparecen en la dimensión VFVU. Fuente: elaboración propia | 70 |
| Tabla 7. Tabla comparativa de metodologías utilizadas para la toma de decisiones. Fuente: elaboración propia..... | 84 |

1. Introducción

En la actualidad existen diferentes factores como la globalización económica, los avances tecnológicos y la sostenibilidad entre otros que obligan a la compañías a replantarse la manera de hacer negocios, además de mantener y ampliar su presencia en el mercado mediante la búsqueda de nuevos enfoques. Algunas de las nuevas estrategias empresariales pasan por iniciativas para adentrarse en nuevos mercados con productos novedosos y la racionalización en la operaciones de producción. (Organización Mundial de Ciudades y Plataformas Logísticas, 1999)

A partir de la introducción de una legislación exigente, obligando a los fabricantes a llevar a cabo el control, trazabilidad y metrología de los productos, surge la idea de la logística inversa, la cual proporciona la renovación, reciclaje y recogida de productos, embalajes y envases, que proyectaría una reducción del impacto en el ambiente y en la salud de las finanzas empresariales. La introducción de la logística inversa se ha visto provocada por la creciente conciencia medioambiental en los territorios industrializados, debido a los problemas generados por la recogida de residuos y productos o componentes utilizados y su reciclaje. (Organización Mundial de Ciudades y Plataformas Logísticas, 1999)

Por ello, centrarse en este concepto es algo a tener en cuenta en el sector de la automoción, ya que los principales efectos de los residuos del automóvil son asociados a los vehículos fuera de uso. Por tanto, es esencial analizar en profundidad cómo funciona la gestión de los residuos generados por el sector automovilístico y cómo ha ido evolucionando a lo largo de los años y hacia donde se dirigirá en los siguientes. (Delgado-Hipólito, Carrasco-Gallego, & Ozores-Eizmendi, 2010)

A partir de aquí, se desarrolla un marco teórico del funcionamiento de la logística inversa y la situación del sector de la automoción, con el que se tendrá una perspectiva inicial previamente a la búsqueda de artículos académicos enunciando los hallazgos y problemáticas relacionadas con el estudio. Y, con todo ello, conocer cómo se podría seguir avanzando y ayudar en el desarrollo de nuevas técnicas y estrategias, no solo en la logística inversa, sino durante toda la cadena de suministro, en donde se incluyen otras áreas como son el aprovisionamiento y producción, entre otras.



1.1. Objetivos del estudio

El objetivo de este Trabajo Fin de Máster es llevar a cabo una revisión bibliográfica acerca de la logística inversa en el sector de la automoción. En detalle:

- Analizar el estado actual. Investigar y analizar el estado actual de la logística inversa en el sector automovilístico.
- Explorar la evolución histórica de la logística inversa en la industria de la automoción, desde sus primeras aplicaciones hasta las prácticas y estrategias contemporáneas.
- Identificar y evaluar los diferentes modelos y estrategias utilizados en la logística inversa en relación con el sector de la automoción.
- Investigar y analizar las tecnologías y herramientas utilizadas en la logística inversa en el sector del automovilismo.
- Identificar desafíos y oportunidades que enfrenta la logística inversa en la industria automovilística.
- Proponer futuras líneas de investigación acerca de lo analizado de la literatura científica encontrada.

1.2. Estructura de la investigación

Para poder llevar a cabo los objetivos descritos anteriormente se seguirá la siguiente metodología:

1. Se definirán los conceptos básicos de la logística inversa y su funcionamiento para comprender su aplicación en el sector de la automoción.
2. Se realizarán diferentes búsquedas a través de distintas base de datos para conseguir toda la información acerca de en qué estado se encuentra la logística inversa en el sector automovilístico. Una vez se han obtenido los documentos necesarios, se procederá al análisis y estudio de los mismos para extraer las conclusiones pertinentes.
3. Se analizarán los resultados y conclusiones y, se propondrá futuras líneas de investigación donde seguir trabajando y recopilando información.

2. Marco teórico

2.1. Definición de logística inversa

La logística inversa representa una parte importante en las cadenas de suministro, ya que es el flujo de retorno de los materiales desde el cliente. Para poder dar comienzo a la definición de la logística inversa sería conveniente partir del término “logística directa”, la cual consiste en organizar de forma adecuada el proceso completo desde la extracción de materias primas hasta la entrega del producto final al cliente en el lugar, momento y modo acordado. (Díaz Fernández, Álvarez Gil, & González Torre, 2004)

Ahora bien, la logística inversa corresponde al flujo de productos desde el cliente hasta el lugar en que los productos que se encuentran fuera servicio, son recuperados. Esta sería una definición generalista del concepto. Ahora bien, la definición de logística inversa se presenta de manera heterogénea, debido a que las definiciones que se establezcan dependen del punto de vista desde donde se aplique.

Por un lado, Carter y Ellram (Carter & Ellram, 1998) se centraron en el aspecto ambiental y lo definieron como el “proceso mediante el cual las empresas pueden volverse más eficientes ambientalmente mediante el reciclaje, la reutilización y la reducción de la cantidad de materiales utilizados”.

Por otro lado, en cuanto a un enfoque económico de la logística inversa, Rogers y Tibben-Lembke (Rogers & Tibben-Lembke, 2001), argumentaban que el “el proceso de planificación, implementación y control del flujo eficiente y rentable de materias primas, inventarios en proceso, productos terminados e información relacionada desde el punto de consumo hasta el punto de origen con el fin de recuperarlos”.

Después de establecer estas dos definiciones con puntos de vista distintos, aspecto ambiental y económico, Thierry, Salomon, Nunnan y Wassenhove (Thierry, Salomon, Nunnan, & Wassenhove, 1995) aunaron los dichos puntos de vista estableciendo el término “Gestión de recuperación de productos”, la cual resalta la recuperación del valor económico y ecológico de los materiales, componentes y productos desechados.

Por otra parte, Rubio Lacoba propone otra definición basándose en el modelo establecido por Rogers y Tibben-Lembke, anteriormente contemplada (Rogers & Tibben-Lembke, 2001), en la cual une la logística directa e inversa, conectándolas: “proceso de planificación, desarrollo y control eficiente del flujo de materiales, productos e información desde el lugar de origen

hasta el de consumo de manera que se satisfagan las necesidades del consumidor, recuperando el residuo obtenido y gestionándolo de tal manera que sea posible su reintroducción en la cadena de suministro, obteniendo un valor añadido y/o consiguiendo una adecuada eliminación del mismo”.

Con esto, tal y como se muestra en la Ilustración 1, se muestra tanto la logística directa como la inversa en un único sistema, repartiéndose a lo largo de la cadena de suministro.

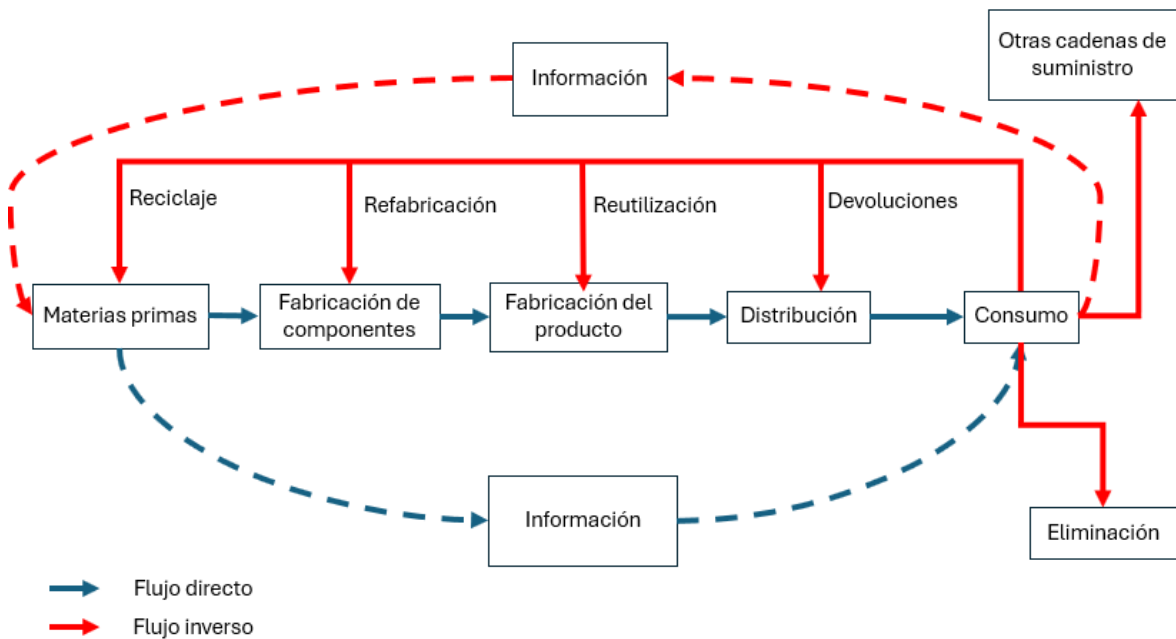


Ilustración 1. Flujo logístico propuesto por Rubio Lacoba. Fuente: Adaptado de (Lacoba, 2003)

En la Ilustración 1, pueden observarse tanto el flujo de materiales y componentes como el de información tanto en la logística directa (color azul) como en la logística inversa (color rojo), donde existe una realimentación a los diferentes procesos del flujo directo (reciclaje, refabricación, reutilización y devoluciones), además de existir un flujo hacia la eliminación de productos fuera de uso y otro hacia otras cadenas de suministro.

Con lo expuesto hasta ahora pueden extraerse ciertas diferencias entre la logística directa e inversa mediante la Tabla 1 en la que se comparan aspectos como la previsión, el modo de distribución, embalaje o precios, entre otros.

| Logística directa | Logística inversa |
|----------------------------------|---------------------------------|
| Previsión relativamente sencilla | Previsión compleja |
| Transporte de uno a muchos | Transporte de muchos a uno |
| Calidad de producto uniforme | Calidad de producto no uniforme |

| | |
|--|--|
| Embalaje de producto uniforme | Embalaje de producto a menudo dañado |
| Destino/Ruta claramente definidos | Destino/Ruta no definidos |
| Canal normalizado | Canal dirigido por excepciones |
| Opciones de disposición del producto claras | Opciones de disposición no definidas claramente |
| Precios relativamente uniformes | Precios dependientes de muchos factores |
| Importancia reconocida de la rapidez de entrega | La rapidez de entrega no es considerada como prioridad habitualmente |
| Los costes de distribución directa están claramente controlados por sistemas contables | Los costes de la LI son mucho menos visibles |
| Gestión del inventario consistente | La gestión de inventario no es consistente |
| Ciclo de vida de producto manejable | Gestión del ciclo de vida de producto mucho más compleja |
| Negociación directa entre las partes | Negociación más compleja por consideraciones adicionales |
| Métodos de marketing perfectamente conocidos | Marketing mucho más complejo debido a diferentes factores |
| Información para hacer seguimiento del producto disponible en tiempo real | Visibilidad del proceso mucho menos transparente |

Tabla 1. Diferencias entre la logística directa y la logística inversa. Fuente: Adaptado de (Oltra Badenes, Gil Gómez, Bellver López, & Asensio Cuesta, 2012)

Tras haber explicado las características de esta práctica, hay que aclarar que un buen funcionamiento de la logística inversa de una cadena de suministro puede permitir el correcto retorno para la reutilización de ciertos productos que han sido dañados o ha finalizado su ciclo de vida. Por ello, la adecuada implantación de la logística inversa puede generar los siguientes beneficios:

- **Abaratamiento de costes.** No será conseguir necesario conseguir nuevas materias primas, sino que estas serán obtenidas gracias a los productos que se desechen. (Martínez Carreres, 2018)
- **Imagen de empresa concienciada con el medio ambiente.** La empresa se verá observada por los clientes a la hora de establecer políticas que frenen los efectos negativos sobre el medio ambiente provocados por algunas de sus actividades. (Martínez Carreres, 2018)

- **Nuevas formas de conseguir materiales.** Aquellos materiales necesarios para seguir produciendo podrían conseguirse a través de los productos que ya se encuentran en circulación. (Martínez Carreres, 2018)
- **Control de stock.** Permite una mejor organización del stock, eliminando los niveles de productos obsoletos y minimizando la posibilidad de que se comentan errores. (Universidad Europea, 2024)

2.2. Aplicaciones de la logística inversa

Actualmente, la logística inversa se aplica en diferentes tipos de industria. Según el estudio de (de Brito, Flapper, & Dekker, 2003), se analizan distintas decisiones que se deben de tomar en cada una de las áreas estratégicas de la empresa cuando se quiere aplicar la logística inversa, aunque se podrían destacar diferentes patrones que siempre se llegan a cumplir:

- **Creación de una red entre empresas y clientes.** Para la existencia de la logística inversa debe de crearse una red donde hayan, por un lado entidades que necesiten los productos usados o desechados para su reciclaje o reutilización y, por otro entidades que proporcionen esos productos. Dicha red puede ser de dos tipologías:
 - **Red privada.** Agrupación de empresas con intereses similares que cooperar para conseguir que algunos productos o materiales que son desechados por algunas de ellas, sean recicladas por otras. De esta manera se consigue reducir la contaminación y, en consecuencia, puede que los costes.
 - **Red pública.** La red puede ser creada a nivel regional, nacional o internacional para generar un sistema donde las empresas de una determinada zona puedan unirse con el fin de depositar los productos desechados para que luego el sistema se encargue de reciclarlos de la menor manera. Puede existir la posibilidad de que, dependiendo del sector al que esté dedicado dicho sistema, alguna de las empresas que la componen, se encargue de reciclar los productos.
- **Establecer relaciones.** La existencia de algún tipo de incentivo es necesario para la estimulación de las empresas a participar en el proceso o fomentar que los clientes devuelvan los productos para su reciclaje, una vez haya finalizado su ciclo de vida, a dichas empresas. La inclusión de un incentivo puede ser beneficioso para ambas partes, proporcionando una situación *win-win*. Dependiendo del tipo de producto, pueden existir distintos tipos de incentivos:



- Tasa de depósito. El usuario paga un precio por el producto en el momento que lo obtiene y otro a modo de fianza, el cual se le devolverá cuando lo devuelva ya utilizado al distribuidor. Esta práctica es muy común en el sector de la venta de bebidas que van en botellas de vidrio, por un lado, el usuario paga por separado el envase y, por otro, el contenido de este para recuperar en un futuro el dinero que invirtió por él al devolverlo.
- Retirada de producto. La empresa ofrece un servicio de recogida del producto desechado a un bajo precio. Con ello, se garantiza que la empresa recuperará el producto para posteriormente reciclarlo de la forma correcta gracias a la logística inversa. Este tipo de incentivo se suele utilizar con ciertos electrodomésticos en grandes almacenes.
- Descuento. Parecido al anterior incentivo pero con la diferencia de que en caso de que el producto no necesite transporte, se ofrece al cliente un descuento al renovar un producto. De esta manera, existe la seguridad de que se reciclará de forma correcta el producto antiguo. Suele utilizarse para dispositivos electrónicos como reproductores de música o teléfonos móviles.

Hay que destacar que en caso de que el producto no pueda llegar a ser reciclado, dicho proceso se aplica para asegurar que se almacena de manera correcta para su eliminación.

- **Planificación y control del inventario**. Si una empresa toma la decisión de implementar la logística inversa, debe revisar su planificación y la gestión del control del inventario. Esto es necesario, ya que al contar con productos que vendrán de vuelta para ser reutilizados, es primordial controlar los niveles de inventario y no tener stock en exceso para que no suponga un coste extra.

2.5. Procesos de la logística inversa

A la hora de describir el proceso de la logística inversa pueden tomarse una serie de pasos genéricos que tienen la posibilidad de ser aplicados en distintos sectores. A continuación se definirán las actividades principales que se realizan para llevar a cabo un proceso de logística inversa, haciendo hincapié en los procesos de reciclaje, reutilización y refabricación, las cuales se realizan durante la fase del tratamiento. (Ait-Kadi, Chouinard, Marcotte, & Riopel, 2012)

- **Recolección**

En primer lugar, existe la etapa de recolección, la cual hace referencia a la recuperación y el transporte de los productos defectuosos. Debe existir apoyo por parte de todos los agentes que intervienen en el proceso (cliente, distribuidores, minoristas o terceros) en la responsabilidad de la recolección). En el caso de que hubiera productos de gran coste, las empresas establecen un sistema de reparación o distribución con el fin de servir a los diferentes mercados y que el proceso de recolección se realice de forma más rápida. (Aït-Kadi, Chouinard, Marcotte, & Riopel, 2012)

A la hora de realizar el transporte, hay que tener en cuenta el producto a transportar y la complejidad de la red de redistribución, ya que en ciertos casos primero se debe realizar la clasificación de los productos en el lugar de recolección, mientras que en otros casos dicha clasificación se realizará tras realizar el transporte al lugar donde los materiales van a ser reacondicionados.

- **Clasificación**

En segundo lugar, se presenta la fase de clasificación, la cual consiste en la revisión del estado en el que se encuentran los componente y productos. A raíz de esta actividad, depende del tratamiento que se va a proporcionar a los productos. (Aït-Kadi, Chouinard, Marcotte, & Riopel, 2012)

- **Tratamiento**

Esta tercera fase consta de 3 procesos principales según el estado en el que se encuentren los productos a inspeccionar: reciclaje, reutilización y refabricación, los cuales serán explicados en detalle próximamente. (Aït-Kadi, Chouinard, Marcotte, & Riopel, 2012)

- **Redistribución**

Esta última etapa es el proceso final de la logística inversa en el cual los productos están preparados para su nuevo de ciclo de vida. (Aït-Kadi, Chouinard, Marcotte, & Riopel, 2012)

Habiendo ya explicado cada una de las fases por las que se está compuesta la logística inversa, se muestra en la Ilustración 2 el flujo que sigue todo el proceso.

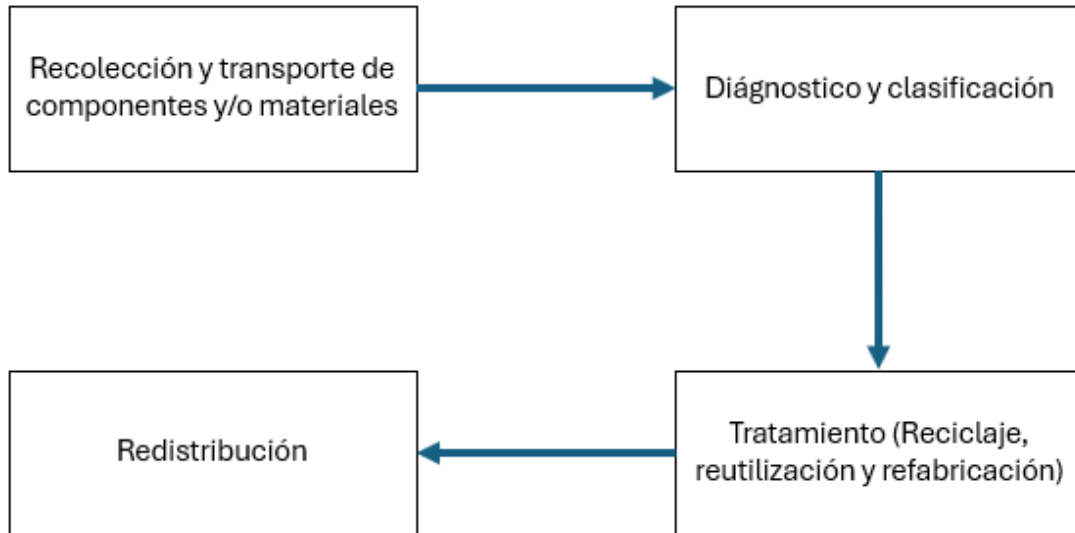


Ilustración 2. Proceso genérico de la logística inversa. Fuente: elaboración propia

2.5.1. Reciclaje

En el ámbito de la logística inversa, reciclar significa extraer o separar materiales del flujo de desechos y acondicionarlos para su comercialización, dando de esta forma la posibilidad de reutilizarlos como materias primas en lugar de materiales vírgenes. Además, esta práctica es considerada como una buena opción a incentivar, ya que tiene grandes beneficios ambientales, debido a que ayuda a la mitigación de la escasez de recursos naturales vírgenes, la disminución de que se alteren los ecosistemas y los riesgos ambientales, reducción de la demanda de espacio en vertederos y el ahorro en el consumo de energía. (González Martínez, 2001)

Por otro lado según (Boada Ortíz, 2003), el reciclaje es entendido como cualquier proceso donde los materiales desechados son recolectados y transformados en nuevos materiales que pueden llegar a ser reutilizados o vendidos como nuevo productos o materias primas.

Por ello, se puede definir que el reciclaje como la acción mediante la cual los materiales que han llegado a alcanzar el final de su ciclo de vida son transformados en nuevas materias primas o materiales que serán introducidos de nuevo en la cadena de suministro. Hay que destacar que el beneficio más relevante que se adquiere del reciclaje es la reducción del uso de materias, ya que se intenta transformar productos ya utilizados en materiales que puedan ser de nuevo aprovechables en diferentes procesos.

2.5.2. Reutilización

La reutilización se define como usar los productos de nuevo en su forma original. Un ejemplo de ello son los envases retornables. La reutilización puede aplicarse a otros ámbitos como en el ahorro de energía, mano de obra, materiales o la reducción de la contaminación.

Puede clasificarse la reutilización de la siguiente forma:

- **Reempaquetado**

Trata de colocar el producto en un nuevo empaquetamiento, generalmente utilizado como han existido devoluciones comerciales. Su principal objetivo es colocar de nuevo el producto lo antes posible en el mercado para su posterior venta. Es recurrente, llevar a cabo una inspección de calidad, dependiendo del producto a transportar, para luego llevar a cabo el empaquetamiento y colocar el producto en el mercado.

- **Reparación**

Consiste establecer de nuevo en operatividad productos que han sido dañados. En primera instancia, hay que comprobar el estado en el que se halla el producto. En caso de que el producto no pueda ser reparado o que su reparación no sea rentable, los productos deberán someterse a otra opción de procesamiento. Si por el contrario, el producto puede repararse, una vez llevada a cabo la acción, será imperativo verificar el nivel de calidad para su posterior empaquetamiento y ser devuelto al cliente, o bien, ponerlo en venta en mercados secundarios. (Ait-Kadi, Chouinard, Marcotte, & Riopel, 2012)

A la hora de llevar a cabo la reparación de un producto, hay que tener en cuenta que la calidad de este puede ser inferior a la de otro que sea nuevo. La reparación de un producto indica llevar a cabo el arreglo o reemplazo único de las partes dañadas. Este proceso puede realizarse en las instalaciones del cliente o en centros de reparación del productor. Aquellos productos que son sometidos a la reparación, suelen tener una larga vida útil, como ocurre con los ordenadores o teléfonos móviles, entre otros. (Thierry, Salomon, Nunnen, & Wassenhove, 1995)

- **Actualización o modernización**

Se trata de tomar un producto con una versión antigua o anterior y actualizarlo o modernizarlo. La modernización implica añadir una funcionalidad nueva al producto mediante la sustitución de componentes, módulos o piezas. Por otra parte, la actualización requiere de un reemplazo más profundo de la tecnología. Es por ello, que un producto viejo puede llegar a beneficiarse

de ciertas mejoras a las que se someta y aumentar su valor de reventa. (Aït-Kadi, Chouinard, Marcotte, & Riopel, 2012)

2.5.3. Refabricación

Según comenta (Lu & Bostel, 2007), la refabricación se define como una de las metodologías de recuperación a través de la cual los componentes o productos utilizados o defectuosos pueden ser recuperados al mismo nivel de calidad que al que se asemeja un producto nuevo para su posterior venta. Esta actividad es generalmente llevada a cabo por el fabricante original, ya que es necesario que se cuente con conocimientos específicos en la materia.

Por otra parte, también se define la refabricación como la reelaboración de un componente, módulo o productos enteros como la preparación para su reutilización con el fin de obtener un producto en un estado similar al original. Se trata de un proceso muy parecido al de reparación, con la excepción de que la refabricación permite el reemplazo sistemático de un gran número de piezas defectuosas o dañadas y la revisión de la integridad de los subconjuntos. (Aït-Kadi, Chouinard, Marcotte, & Riopel, 2012)

Una vez que se han recolectado y transportado los productos, es importante llevar a cabo un diagnóstico del estado del producto, tras el cual existe la posibilidad de que no sea apto para comenzar con el proceso de refabricación. En caso de que el proceso de refabricación sea exitoso, se empaquetará el producto, ya sea para colocarse a la venta de nuevo o bien devolviéndoselo al cliente.

Al final y al cabo, lo que se trata es de obtener productos con la misma calidad que si fuera uno totalmente nuevo. Antes de la refabricación, los productos usados son desmontados y sus componentes y módulos son inspeccionados de forma completa. Entonces las partes que se encuentran desgastadas o desactualizadas se reemplazan y, por otro lado, estas piezas desgastadas se inspeccionan de forma rigurosa para una posible reparación y un posterior acondicionamiento. (Thierry, Salomon, Nunnen, & Wassenhove, 1995)

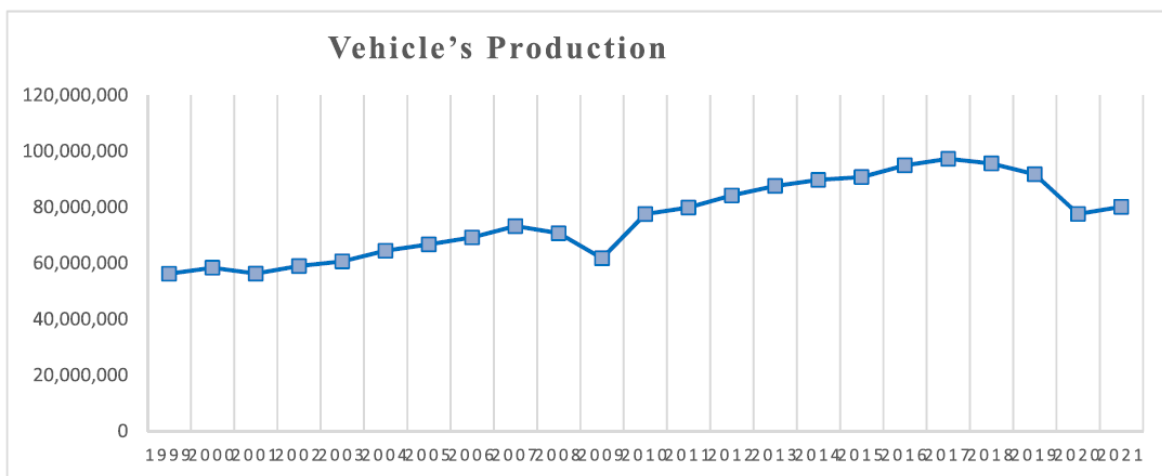
En cuanto a cifras que costes que supone la refabricación de productos, suponen entre un 40% y 60% menor que los que se incurren durante la entrega de productos nuevos. Esto es así porque la mayoría de los componentes ya existen en su forma final. (Kumar & Putnam, Cradle to cradle: Reverse logistics strategies and opportunities across three industry sectors, 2008).

2.6. Logística inversa en el sector de la automoci3n

A continuaci3n, se expone la situaci3n que vive el sector de la automoci3n en los 3ltimo a3os, adem3s de detallar el funcionamiento concreto de la log3stica inversa en este sector industrial.

2.6.1. Situaci3n del sector de la automoci3n

Por motivo de un desarrollo acelerado de la econom3a y el continuo aumento de la vida de la poblaci3n, la industria del autom3vil ha entrado en una r3pida fase de desarrollo desde principios del siglo XXI, adem3s de un crecimiento en la producci3n y venta de veh3culos a nivel internacional. Como puede observarse en la Ilustraci3n 3, la producci3n de veh3culos muestra una tendencia al alza desde 1999 a 2021, produci3ndose en el mayor pico de producci3n en el a3o 2017. En los a3os 2019 y 2020, puede observarse un descenso de los veh3culos producidos debido a la COVID-19. A pesar de ello, se puede ver que en 2021 vuelve a haber una tendencia al alza. (Zhang, Yu, Yan, Wang, & Subramanian, 2023)



Ilustraci3n 3. Producci3n de veh3culos entre 1999 y 2021. Fuente: (Zhang, Yu, Yan, Wang, & Subramanian, 2023)

Debido al desarrollo tecnol3gico y el crecimiento econ3mico, aumenta la demanda de veh3culos y se acelera la velocidad de sustituci3n de los estos, provocando de esta forma un aumento de la cantidad de residuos, los cuales causan muchos problemas medioambientales o de recursos. Concretamente en Europa, los veh3culos fuera de uso (VFU) generan cada a3o entre 8 y 9 millones de toneladas de residuos. Actualmente, estos desechos generados por la industria automovil3stica, representan cerca del 5% de los residuos industriales el mundo. (Zhang, Yu, Yan, Wang, & Subramanian, 2023)

Con el objetivo de llevar a cabo una reducción de la contaminación y promover la reutilización de los recursos, muchos países han mejorado los sistemas de reciclaje de los automóviles, reforzando la gestión del reciclaje de coches devueltos y al finalizar su vida útil. Con ello, la logística inversa ha sido más valorada y reconocida. (Zhang, Yu, Yan, Wang, & Subramanian, 2023)

2.6.2. Funcionamiento de la logística en el sector de la automoción

A pesar de que anteriormente ya se describió el funcionamiento de la una cadena de suministro genérica de bucle cerrado (en inglés, *Closed Loop Supply Chain-CLSC*), ahora se detallará el procedimiento de una cadena de suministro de la misma tipología pero con la salvedad de que se van a detallar los procesos concretos que se desarrollan respecto al sector de la automoción. El proceso consta de los siguientes actores o procesos, los cuales también se muestran de manera más gráfica en la Ilustración 4 (Zhang, Yu, Yan, Wang, & Subramanian, 2023):

- **Proveedores (Suppliers)**

Aquellos que suministran componentes nuevos como metales ferrosos y no ferrosos, neumáticos, baterías, fluidos y otros materiales, tales como plásticos, vidrio, textiles y goma.

- **Fabricantes/Distribuidores (Manufacturers/Distributors)**

Los encargados de recibir los componentes nuevos de los proveedores y ensamblan nuevos vehículos. Aquellos productos no conformes, es decir, que no cumplan con las especificaciones, se gestionan de manera separada.

- **Usuarios (User Clusters)**

Compran y usan lo vehículos, estos vehículos pueden ser tanto nuevos como ya usados. Estos últimos, pueden entrar en el mercado de segunda mano o ser enviados a puntos de recolección.

- **Mercado de segunda mano (Second-hand market)**

Los vehículos usados pueden ser revendidos a otros usuarios.

- **Puntos de recolección (Collection Points)**

Lugares a los que se trasladan los usados para su recolección y posterior procesamiento.

- **Desmanteladores (Dismantlers)**

Se encargan de desmantelar los vehículos usados en busca de partes reutilizables. Aquellos que son desmantelados, y que también se denominan “Hulk”, son enviados a los trituradores.

- **Trituradores (Shredders)**

Los vehículos desmantelados son triturados y aquellos los materiales que se generan, se dividen entre materiales reutilizables y residuales.

- **Recicladores (Recyclers)**

Se encargan de procesar los componentes reutilizables de los vehículos triturados. Los materiales que se consideren peligrosos se desecharan, mientras que los componentes recuperados se envían de nuevo a los proveedores.

- **Vertederos (Landfills)**

Por último, los residuos que no pueden ser reutilizados, conocidos como ASR (Automotive Shredder Residue), son enviados a los vertederos.

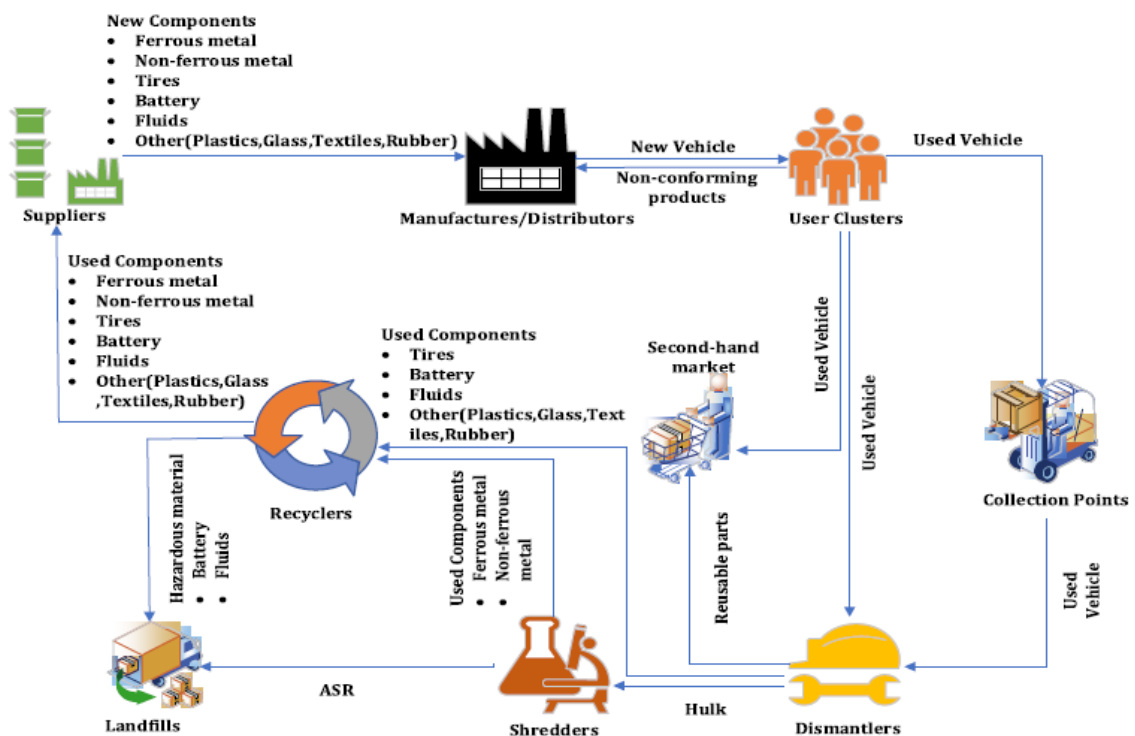


Ilustración 4. Cadena de suministro de ciclo cerrado para el sector de la automoción. Fuente (Zhang, Yu, Yan, Wang, & Subramanian, 2023)

3. Metodología

En el presente estudio acerca del estado del arte de la literatura académica sobre la logística inversa en el sector de la automoción, se adoptará una metodología basada en la recopilación y el análisis de información extraída de las base de datos Scopus. Este enfoque permitirá examinar de manera sistemática y exhaustiva la literatura existente sobre el tema, proporcionando una visión detallada del efecto que tiene la logística inversa sobre el sector de la automoción.

El diseño de la investigación se centrará en una exhaustiva revisión bibliográfica de la literatura científica disponible en Scopus. Se emplearán términos de búsqueda relevantes y criterios de inclusión que estarán correctamente definidos para seleccionar los artículos adecuados.

En cuanto al análisis de la búsqueda y selección de las fuentes, se basará en la representatividad y exhaustividad de la base de datos de Scopus, en donde se incluye una amplia variedad de revistas científicas de numerosas disciplinas. De esta forma, se garantizará la inclusión de investigaciones relevantes y actualizadas, acerca de la aplicación de la logística inversa en el sector de la automoción. Además, con todo ello, se llevará a cabo un análisis con el software VOSviewer, con el objetivo de visualizar de una manera más gráfica las relaciones de todos los artículos extraídos de la búsqueda para definir los criterios con los que se filtrará dicha búsqueda y se seleccionarán los artículos a analizar de la forma más detallada posible.

Respecto a la recolección y el análisis de los datos extraídos de Scopus, se realizará mediante la exploración y la síntesis de los hallazgos de los artículos que sean seleccionados. Se llevará a cabo una identificación de los principales temas, tendencias y enfoques de investigación con la aplicación de la gestión de logística inversa en el ámbito del sector de la automoción. Por último, se hará hincapié en las conclusiones y las recomendaciones de los estudios revisados, con el objetivo de obtener una visión actualizada e integral del tema.

En definitiva, el estudio a desarrollar pretende basarse en una metodología de revisión sistemática de la literatura científica en la base de datos Scopus. Esto permitirá una evaluación objetiva y completa de implementación de la logística inversa en el sector de la automoción.

3.1. Herramientas empleadas

3.1.1. Scopus

Scopus es una base de datos de referencias bibliográficas y citas de la literatura científica revisada por pares, administrada por Elsevier. Es una de las más grandes y con más prestigio del mundo, ofreciendo acceso a una amplia variedad de disciplinas, desde ciencias y tecnología hasta medicina, ciencias sociales, artes y humanidades. (FECYT, s.f.)

Esta base de datos contiene millones de registros que incluye artículos de revistas, actas de conferencias, patentes, libros y capítulos de los mismos. Esto permite a los investigadores ver cómo se citan los trabajos y evaluar su influencia en el campo. Las publicaciones incluidas en Scopus son revisadas por pares y de alta calidad, garantizando de esta forma la fiabilidad del contenido. (FECYT, s.f.)

La plataforma también ofrece diferentes herramientas analíticas para el análisis bibliométrico y la visualización de datos, lo que ayuda a identificar tendencias de investigación, colaboraciones y áreas emergentes. Es utilizado de manera muy amplia por universidades, instituciones de investigación y empresas gracias a su interfaz amigable y las opciones de búsqueda avanzada que facilitan la localización de información específica. (FECYT, s.f.)

Hay que mencionar que para el análisis bibliométrico existen diferentes métricas que pueden ser de utilidad: como el SJR (SCImagoJournal Rank), el cual pondera en función del prestigio de una revista; SNIP (SourceNormalizedImpact per Paper), que mide el impacto de una cita según las características de la materia sobre la que se investiga, CiteScore, el cual se encarga del cálculo del número medio de citas recibidas entre todos los documentos publicados en los tres años anteriores a la métrica y; el Índice H, el cual se trata de un indicador de impacto de la producción de un autor específico. (FECYT, s.f.)

Por tanto, Scopus es una herramienta que permiten a investigadores y profesionales realizar búsquedas para acceder a un vasta cantidad de literatura científica de alta calidad y realizar análisis detallados de citas.



ELSEVIER Scopus

Ilustración 5. Logo Scopus. Fuente: (Scopus, 2023)

3.1.2. VOSviewer

VOSviewer es un software gratuito desarrollado por Ludo Waltman y Nees Jan van Eck del CWTS Leiden University para la visualización y construcción de redes bibliométricas. Pueden generarse redes a partir de revistas científicas, investigadores o publicaciones individuales, basadas en la citación, co-citación o las relaciones de coautoría. (Feijoo, Arias, & Moreira, 2022)

El programa también presenta la funcionalidad de la minería de textos que puede llegar a emplearse para construir y visualizar redes de concurrencia de términos que hayan sido extraídos de textos de la literatura científica. Esta función es muy interesante para poder hacer un artículo de revisión sobre una determinada temática. (Feijoo, Arias, & Moreira, 2022)



Ilustración 6. Logo VOSviewer. Fuente: VOSviewer.

3.2. Diseño de la investigación

En el presente estudio, se llevará a cabo un diseño de investigación basado en una revisión sistemática de la literatura científica en el campo de la logística inversa y el sector de la automoción. El objetivo principal es ver qué estado se encuentra la investigación de esta área y ver la dirección que ha tomado y tomará en los próximos años. Para ello, se realizarán diferentes búsquedas en la base de datos Scopus, combinando diferentes términos y palabras claves relacionados con la logística inversa y el sector del automóvil.

Las búsquedas se llevarán a cabo mediante las siguientes palabras claves “reverse logistics” AND (“automotive Industry” OR “automobile industry”). Con esta combinación se permite un mayor abanico de artículos y, por ello, la posibilidad de que existan un mayor número de relaciones entre ellos. En la Tabla 2 se muestran las búsquedas realizadas en la base de datos.

Al emplear esta búsqueda, se espera obtener una muestra ciertamente representativa de estudios científicos que aborden de forma específica el tema analizar. Estas palabras claves han sido seleccionadas de manera detallada para asegurar la inclusión de investigaciones que se centren en la logística inversa en relación con el sector de la automoción.

Tabla 2. Búsquedas realizadas en Scopus. Fuente: elaboración propia.

| Base de datos | Búsqueda | Nº Documentos | Años publicados | Categorías principales de estudio |
|---------------|--|---------------|-----------------|--|
| Scopus | “reverse logistics” AND “automotive Industry” OR “automobile Industry” | 102 | 2001-2023 | <i>Engineering</i> 48.0% <i>Business, Mangement</i> 35.3% <i>Computer Science</i> 32.4% <i>Enviromental Science</i> 26.5% |

En la Tabla 2 se muestran los resultados de la búsqueda mencionada anteriormente en la base de datos que se van a utilizar. Dicha búsqueda ha comprendido desde el primer año de publicación en ambas bases de datos, siendo 2001 en este caso.

Con todo ello, con respecto a las categorías principales de estudio que se llevan a cabo en los artículos encontrados, se observa que el área de *Engineering* y *Business* sobresale por encima del resto de temáticas. Se puede intuir que esto sucede debido al impacto que tiene en la economía de las empresas de automoción la correcta aplicación de la logística inversa.

3.3. Análisis de la búsqueda y selección de fuentes

Como se ha mencionado anteriormente, la búsqueda se llevará a cabo con las palabras claves “reverse logistics” AND (“automotive Industry” OR “automobile industry”), llevándolo a cabo en la base de datos Scopus. A continuación, se va a detallar información y datos a tener en cuenta sobre el estado de la literatura académica en la base de datos. Por otro lado, se va a realizar un estudio bibliométrico de esta literatura mediante la herramienta VOSviewer de los artículos encontrados con las palabras claves detalladas.

3.3.1. Análisis Scopus

Tal y como se mencionó anteriormente, en Scopus se encontraron 102 documentos con las palabras claves seleccionadas. Todos estos documentos se han ido publicando a lo largo de los años desde 2001 hasta 2023. En este caso, no se incluyen los publicados en el 2024, ya que el proyecto que se está desarrollando está teniendo lugar a mitad de año y no mostraría la tendencia real de las publicaciones. Por ello, se muestra, a continuación, en la Ilustración 8 el número de documentos publicados en cada año.

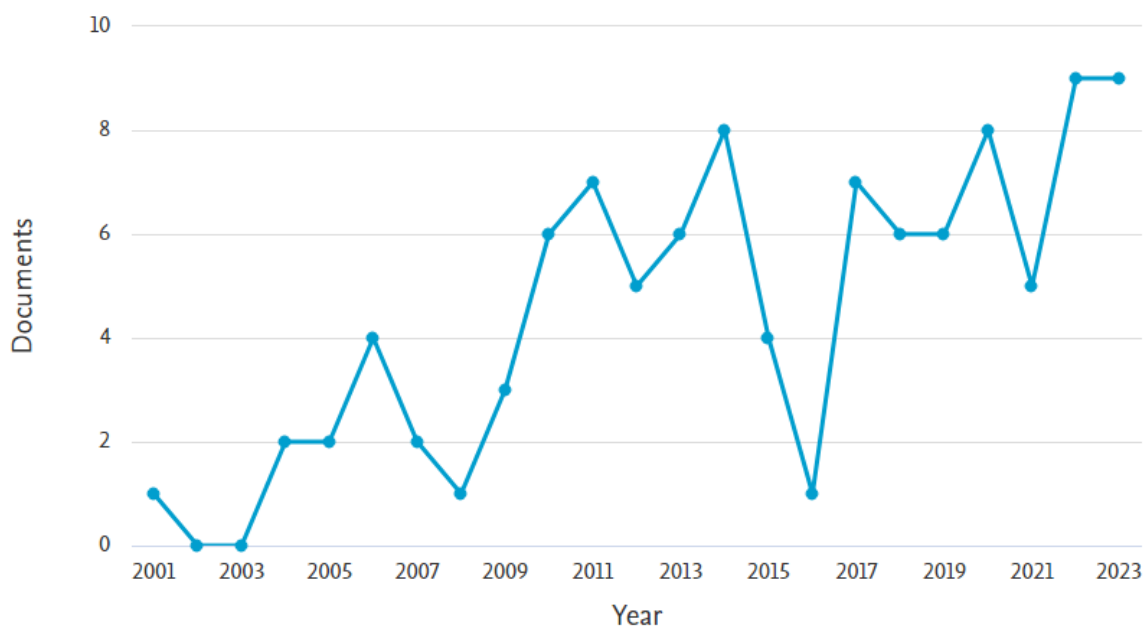


Ilustración 7. Publicación de documentos cada año en Scopus (2001-2023). Fuente: (Scopus, 2024)

Puede observarse en la Ilustración 7, como existe un aumento de las publicaciones entorno a la temática de la logística inversa y el sector de la automoción a partir del 2010, lo cual puede asociar a una mayor conciencia de la economía circular tanto en la sociedad como en las



propias empresas. La economía circular puede definirse como un modelo centrado en maximizar los recursos disponibles para que estos permanezcan el mayor tiempo posible en el ciclo productivo. (Gobierno de España, 2023)

Por ello, la comunidad científica ha ido aumentando el número de publicaciones con respecto a los años anteriores debido a necesidad de según investigando en una materia que en los próximos años irá tomando importancia, más si cabe que en la actualidad, debido a proyectos que se han planteado en los últimos años, como la Agenda 2030, en la que uno de los objetivos es reducir de manera considerable la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización. (Naciones Unidas, 2015)

Este análisis de los años de publicación resalta la relevancia y la actualidad de la temática de la logística inversa en el sector de la automoción. Además, sugiere que existe un aumento de la investigación que podrá respaldar futuras investigaciones y prácticas en este campo.

A continuación, se muestra en la Ilustración 8 el porcentaje de las categorías de estudio en las que se centran los documentos encontrados en Scopus. Esta base de datos utiliza un sistema de clasificación temática para categorizar y organizar los artículos científicos y académicos en los diferentes campos de estudio. Dichas categorías se basan en una cierta taxonomía jerárquica de campos de investigación, que abarca un amplio abanico de disciplinas y subdisciplinas académicas, las cuales son asignadas a los artículos que han sido registrados en la base de datos utilizando algoritmos y análisis automáticos basados en el contenido de los documentos.

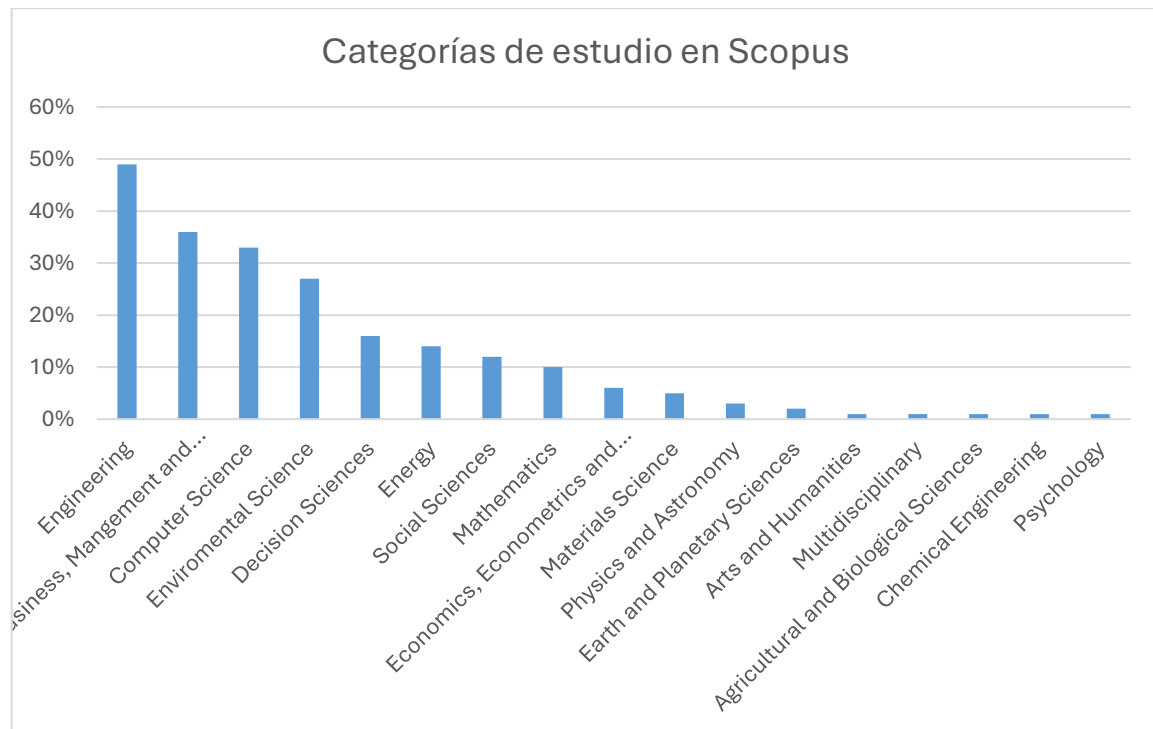


Ilustración 8. Categorías de estudio en Scopus. Fuente: adaptado de (Scopus, 2024)

Al analizar las categorías extraídas de Scopus (Ilustración 8) de los artículos obtenidos en la búsqueda, se observa que existe una categoría que destaca de forma significativa sobre el resto, “Engineering”. Esta categoría sobresale en términos de frecuencia y cantidad de artículos relaciones sobre la logística inversa y el sector de la automoción. Con esto se aprecia que el estudio de la temática del trabajo, desde un aspecto ingenieril, es de gran relevancia e interés en la literatura científica.

La categoría de “Engineering” ocupa una amplia gama de subcategorías, incluyendo la ingeniera industrial, de producción, ambiental, de ciencias de los materiales y de sistemas, entre otras. Esto demuestra el indicativo de que la logística inversa aplicado en el sector automovilístico es un tema que ha conseguido captar la atención tanto de profesionales del sector como de académicos.

Además de la disciplina “Engineering”, destacan otras tres categorías: “Business, Management and Accounting”, “Computer Science” y “Environmental Science”. Dichas categorías reflejan la importancia de la gestión empresarial y las finanzas en esta área, además de los sistema de información y las tecnologías de la industria 4.0. Por supuesto, se da por descontado que el aspecto ambiental es clave en la temática del trabajo.

La presencia considerable que tienen estas categorías en los artículos aparecidos indica la complejidad de la aplicación correcta de la logística inversa en el sector de la automoción. Por

ello, se puede intuir que para llegar a una comprensión de lo que supone la temática del trabajo, es necesario tener una perspectiva integrada y unos conocimientos bien madurados y con ello además, poder tener la capacidad de captar las oportunidades y desafíos que surgen en la implementación y la gestión de la logística inversa en el sector de la automoción.

3.3.2. Análisis VOSviewer

En este análisis, se utilizará la herramienta *VOSviewer* para examinar y visualizar las relaciones temáticas en un conjunto de datos sobre la logística inversa en relación con el sector de la automoción. El objetivo es identificar los temas principales, los clúster de términos relacionados y las relaciones bibliográficas dentro de este contexto. Los datos obtenidos de la búsqueda en Scopus se importarán para generar una visualización mediante *VOSviewer*, que mostrará un mapa o grafo con nodos representando los términos o palabras clave y las relaciones entre ellos. A continuación, se describen los cinco tipos de análisis que ofrece el software:

- Co-authorship

Este análisis se centra en las colaboraciones entre autores en todo el conjunto de datos. Permite identificar conexiones colaborativas y visualizar las redes de coautoría resultantes. A través del análisis de coautoría, se puede descubrir la frecuencia en intensidad de las colaboraciones entre autores, lo que ayuda a identificar comunidades de investigación y colaboradores clave en el campo de estudio.

- Co-occurrence

Este análisis se enfoca en la frecuencia con la que los términos y palabras clave aparecen juntos en los documentos del conjunto de datos. Permite detectar clúster y revelar las asociaciones temáticas más fuertes en la literatura científica, facilitando la identificación de los principales temas y las relaciones entre ellos.

- Co-citation

Se trata de un análisis que se centra en las citas de documentos y permite identificar las relaciones bibliográficas entre ellos. Además, revela las conexiones entre documentos que son citados por otros documentos en el conjunto de datos siendo una herramienta eficaz para identificar los artículos más influyentes y las comunidades de investigación en el campo de estudio.

- Citation

Aunque es similar al análisis de co-citación, este se enfoca en examinar las referencias bibliográficas citadas por los documentos. También, proporciona datos sobre las fuentes de información utilizadas y referenciadas, ayudando a comprender las fuentes de información utilizadas, centrándose en las citas realizadas por un documento hacia otros.

- Bibliographic coupling

Este análisis se basa en la similitud de las referencias citadas en los documentos, identificando aquellos que comparten referencias comunes. Además, revela las relaciones entre los documentos, ayudando a identificar grupos de documentos que están estrechamente relacionados en términos de su base bibliográfica, lo que puede indicar temas y enfoques de investigación similares.

Dentro de cada tipo de análisis, se encuentran las unidades de análisis, que son los elementos específicos examinados en relación con la temática. Para el análisis de coautoría, la unidades de análisis incluyen autores, organizaciones y países. En este caso, el análisis se centrará en los países de los autores y las instituciones, permitiendo visualizar las colaboraciones internacionales y las redes de colaboración entre diferentes países.

Teniendo en cuenta que la búsqueda se va a realizar a través de Scopus, se llevará a cabo dos análisis por parte de la herramienta *VOSviewer*. De esta forma, se podrá comparar que características se presentan en los documentos encontrados en la base de datos.

En primer lugar se va a analizar las colaboraciones e investigaciones académicas que existen entre los diferentes países, lo cual podría proporcionar información acerca de las tendencias y los enfoques de investigación.

A continuación, en la Ilustración 9 se identifican los países más involucrados en la investigación y las colaboraciones académicas existentes, lo que proporciona información sobre las tendencias y enfoques de investigación a nivel global.

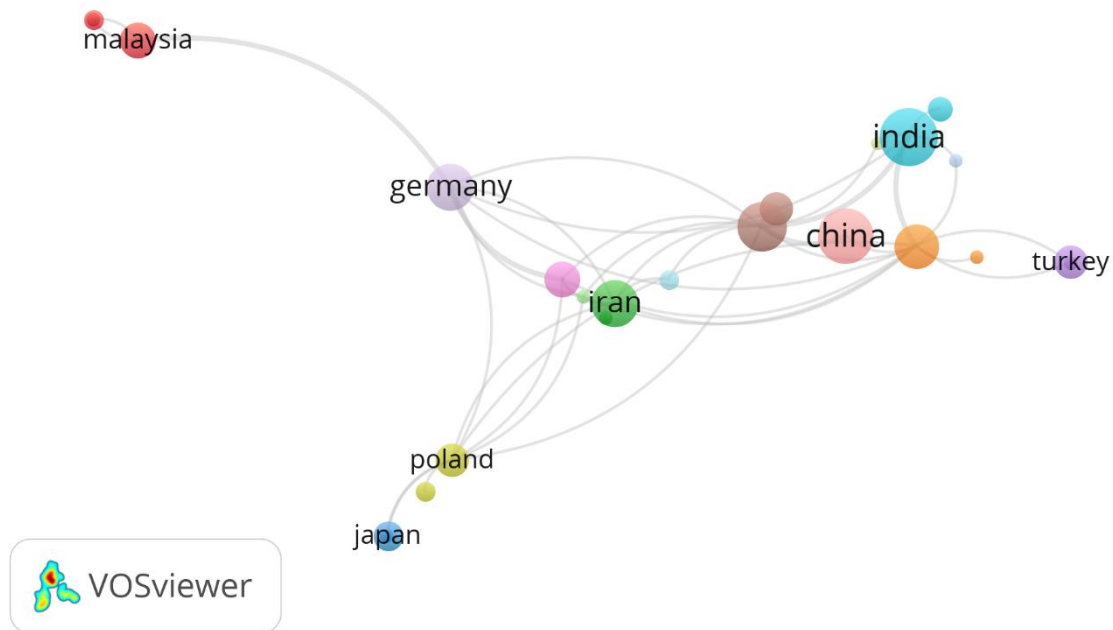


Ilustración 9. Co-autoría de países en Scopus. Fuente: elaboración propia a partir de VOSviewer

Puede observarse que los países con mayor presencia son Alemania, China e India, los cuales estos a su vez están conectados a otros países como Turquía, Polonia, Japón y Polonia entre otros. Además cabe destacar que hay países como Estados Unidos (nodo marrón grande), Reino Unido (nodo naranja grande) y Brasil (nodo rosa) no se llegan a reflejar sus nombre, debido a que están próximos a otros nodos de mayor tamaño. Hay que aclarar que aquellos otros nodos que no aparecen nombrados, no cuentan con un gran volumen de publicaciones en la base de datos y es por ello, que en una vista general del mapa, no pueden llegar a distinguirse.

Por ello, la Ilustración 9 refleja la colaboración internacional en el campo de estudio analizado, facilitando el intercambio de conocimientos, recursos y experiencia, lo cual enriquece la investigación y puede tener un mayor impacto en el campo. Las redes de colaboración observadas pueden surgir a través de proyectos conjuntos, conferencias internacionales o intercambios académicos.

Cabe destacar la relevancia de India, China, Alemania y Estados Unidos en el análisis de coautoría sugiere que estos países cuentan con una base sólida de investigación, lo cual puede atribuirse a una combinación de factores como recursos financieros, instituciones académicas de renombre y una infraestructura de investigación avanzada.

Por otro lado, también sería interesante analizar la coocurrencia (Ilustración 10), donde las unidades de análisis incluyen todas las palabras clave, tanto las proporcionadas por los autores como las adicionales. Las palabras claves adicionales (*keywords plus*) son términos proporcionados automáticamente por la base de datos utilizada, agregándose a los documentos, lo que permite proporcionar información adicional sobre las relaciones temáticas emergentes que podrían no estar capturadas por las palabras clave del autor. Por lo tanto, se analizará el gráfico que muestra todas las palabras clave, considerando tanto las de los autores como las adicionales, para obtener un resultado más detallado.

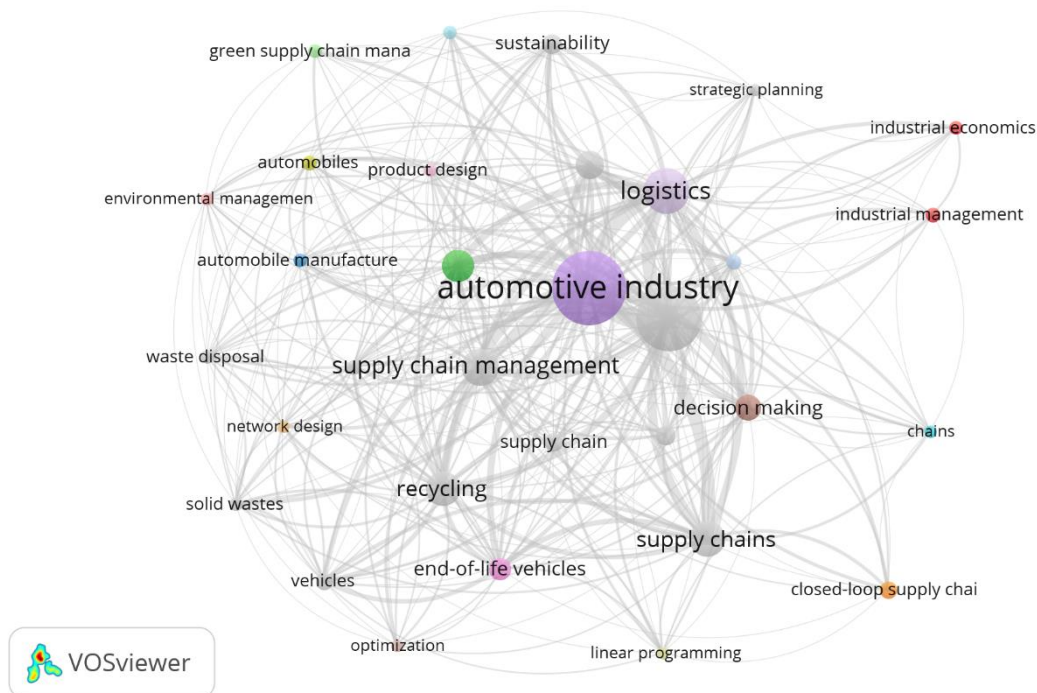


Ilustración 10. Análisis de coocurrencias de Scopus. Fuente: elaboración propia a partir de la herramienta VOSviewer.

En la Ilustración 10 las palabras que aparecen en mayor tamaño son “automotive Industry”, “logistics”, “supply chain management” y “recycling”, entre otras. Además existe otra palabra de gran ocurrencia en los documentos encontrados: “reverse logistics”, el cual se identifica con el nodo que se encuentra justo a la derecha de “automotive Industry” pero por falta de espacio no se llega a mostrar en el mapa. Dichas palabras reflejan hacia donde se va a dirigir el análisis.

También cabe destacar la presencia de otros términos que son importantes como “end-of-life vehicles” y “decision making”, relacionado con el reciclaje de piezas de los vehículos y la

correcta toma de decisiones que deben llevarse a cabo a lo largo de la implantación de la logística inversa en este sector.

Por último, se realizará, para los documentos de Scopus, un análisis de acoplamiento bibliográfico (Ilustración 11), omitiendo los análisis de citas y co-citación, ya que los gráficos resultantes de estos se consideran menos relevantes para el objetivo del estudio. Para este análisis, las unidades de análisis incluyen autores, países, documentos, organizaciones y fuentes. El enfoque se centrará en los documentos, examinando las referencias bibliográficas compartidas entre ellos. Este análisis revela las conexiones e influencias entre los documentos, lo que permite identificar las obras más influyentes, las tendencias de investigación y las comunidades científicas en el campo de estudio.

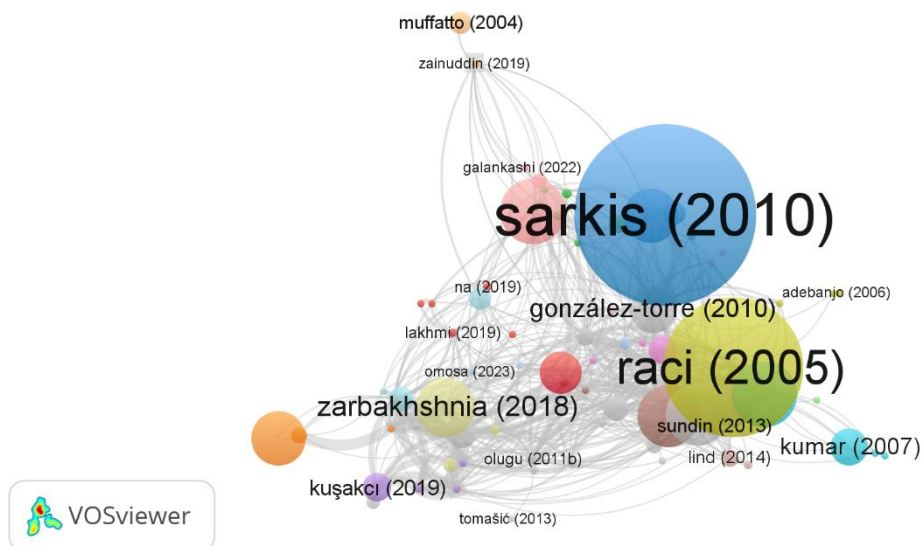


Ilustración 11. Análisis de acoplamiento bibliográfico de Scopus. Fuente: elaboración propia a partir de la herramienta VOSviewer.

En la ilustración 11, se observa que la prominencia del término “Sarkis (2010)” como el más grande en el gráfico de acoplamiento bibliográfico sugiere que este documento ha recibido una cantidad significativa de citas y se considera de gran importancia dentro del conjunto de datos analizados.

Hay que destacar el hecho de que muchos de los términos más destacados correspondan a documentos escritos a partir de 2010 indica un aumento notable en la producción de investigaciones relacionadas con el tema en años recientes. Este patrón sugiere un interés creciente en el campo y un enfoque más intenso en el tema específico abordado en el conjunto de datos.

Además, la presencia destacad de los términos “Raci (2005)” y “Kumar (2007)”, junto con “Sarkis (2005)”, sugiere que estos estudios son pioneros y han sentado las bases para la investigación posterior en el campo. Estos documentos anteriores pueden ser considerados fundamentales o influyentes en el estudio de la logística inversa en el sector de la automoción.

4. Resultados, discusión de los hallazgos e implicaciones

Este apartado se procederá a mostrar los artículos que van a ser objeto de análisis a través de una tabla de coincidencias proporcionando una visión detallada de las relaciones y las asociaciones que se identifiquen entre los distintos artículos. A partir de ahí se realizará una discusión de los hallazgos más representativos y las implicaciones.

4.1. Selección de artículos

Tras llevar a cabo el análisis de la búsqueda de las palabras claves “reverse logistics” AND “automotive Industry” OR “automobile Industry”, se aplicarán una serie de filtros para acotar la búsqueda:

- Tipo de documento: *Article, conference paper, review, conference review.*
- Años de publicación: 2001-2023

Una vez hecho ese filtro, como se comentó anteriormente, se cuentan con 102 documentos. De dicha cantidad, se mantienen aquellos que son solo artículos, ya que suelen proporcionar una cobertura más profunda y detallada de los temas en comparación con otros tipos de documentos como actas de conferencias o resúmenes. Con todo ello, el número de artículos que quedan son 63.

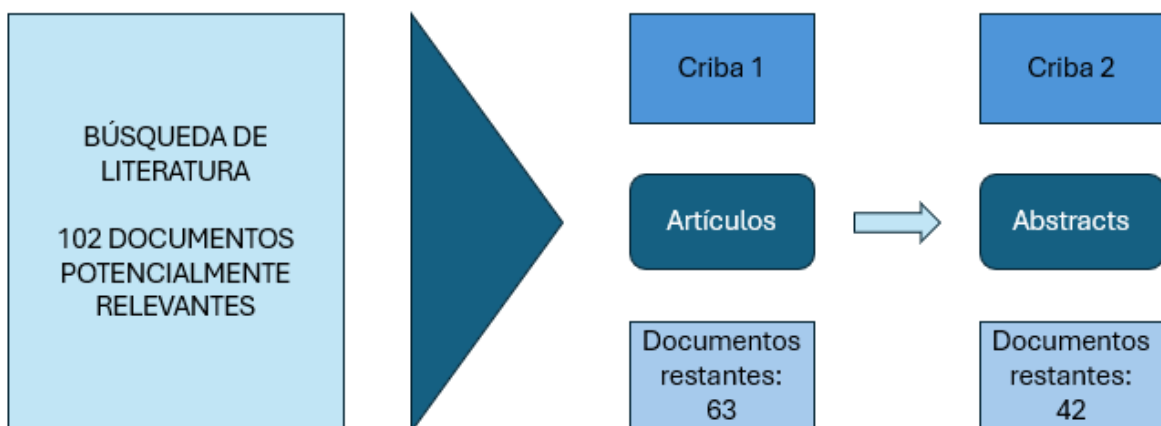


Ilustración 12. Esquema de la selección de documentos. Fuente: elaboración propia.



A continuación, se procede a leer los “Abstracts” de cada uno de los artículos para ver cuáles de ellos están más alineados con el objetivo de este análisis. Y tras una exhaustiva lectura, se han descartado 21 artículos, entre los que se incluyen documentos a los cuales no se pueden acceder a través del “Polibuscador” de la UPV, quedando los siguientes 42 artículos listos para ser analizados (Tabla 3):

Tabla 3. Artículos seleccionados. Fuente: elaboración propia.

| | AUTORES | TÍTULO ARTÍCULO | FUENTE | PALABRAS CLAVES | AÑO | CITAS |
|---|--|---|---|--|------------|--------------|
| 1 (SARKIS, GONZÁLEZ TORRE, & ADENSO DÍAZ, 2010) | Joseph Sarkis; Pilar González Torre; Belarmino Adenso Díaz | Stakeholder pressure and the adoption of environmental practices: The mediating effect of training | Journal of Operations Management | Enviromental and operations management; Human resource training; Mediation; Stakeholder pressure | 2010 | 1068 |
| 2 (RAVI & SHANKAR, ANALYSIS OF INTERACTIONS AMONG THE BARRIERS OF REVERSE LOGISTICS, 2005) | V. Ravi; Ravi Shankar | Analysis of interactions among the barriers of reverse logistics | Technological Forecasting & Social Change | Reverse logisticsBarriersInterpretive Structural Modeling (ISM) | 2005 | 735 |
| 3 (OLUGU, WONG, & SHAHAROUN, 2011) | Ezutah Udoncy Olugu, Kuan Yew Wong, Awaludin Mohamed Shaharoun | Development of key performance measures for the automobile green supply chain | Resources, Conservation and Recycling | Green supply chain; Performance measurement; Performance measures; Reverse logistics | 2011 | 249 |

| | | | | | | |
|---|--|--|--------------------------------------|--|-------------|------------|
| <p>4 (SEITZ, 2006)</p> | <p>Margarete A. Seitz</p> | <p>A critical assessment of motives for product recovery: the case of engine remanufacturing</p> | <p>Journal of Cleaner Production</p> | <p>Remanufacturing; Closed-loop supply chain management; Profitability; Environmental legislation; Ethical and moral responsibility; Original Equipment Manufacturer (OEM); Case study</p> | <p>2006</p> | <p>243</p> |
| <p>5 (SUBRAMONIAM, HUISINGH, & CHINNAM, 2009)</p> | <p>Ramesh Subramoniam, Donald Huisingh, Ratna Babu Chinnam</p> | <p>Remanufacturing for the automotive aftermarket-strategic factors: literature review and future research needsautomotive industry</p> | <p>Journal of Cleaner Production</p> | <p>Sustainability; Aftermarket; Remanufacturing; Strategic Planning; Automotive; Supply chain; Reverse logistics</p> | <p>2009</p> | <p>228</p> |
| <p>6 (ZARBAKSHNIA, SOLEIMANI, & GHADERI, 2018)</p> | <p>Navid ZARBAKHSHNIA, Hamed Soleimani, Hadi Ghaderi</p> | <p>Sustainable third-party reverse logistics provider evaluation and selection using fuzzy SWARA and developed fuzzy COPRAS in the presence of risk criteria</p> | <p>Applied Soft Computing</p> | <p>Sustainable reverse logistics; Third-party reverse logistics provider; Fuzzy SWARA; Fuzzy COPRAS; Risk criteria</p> | <p>2018</p> | <p>191</p> |
| <p>7</p> | <p>Breno Nunes, David Bennett</p> | <p>Green operations initiatives in the automotive industry: An</p> | <p>Benchmarking</p> | <p>Environmental management,</p> | <p>2010</p> | <p>186</p> |

| | | | | |
|---|--|--|-------------------------------|---|
| (NUNES & BENNETT, 2010) | environmental reports analysis and benchmarking study | | | Benchmarking, Sustainable development, Automotive industry |
| 8 (GONZÁLEZ TORRE, ÁLVAREZ, SARKIS, & ADENSO DÍAZ, 2010) | Pilar González-Torre, Marían Álvarez, Joseph Sarkis, Belarmino Adenso Díaz | Barriers to the Implementation of Environmentally Oriented Reverse Logistics: Evidence from the Automotive Industry Sector | British Journal of Management | 2010 155 |
| 9 (FERGUSON & BROWNE, 2001) | Neil Ferguson and Jim Browne | Issues in end-of-life product recovery and reverse logistics | PRODUCTION PLANNING & CONTROL | reverse logistics, extended enterprise, end-of-life products, automotive recycling, information systems 2001 134 |
| 10 (SUBRAMONIAM R. , HUISINGH , CHINNAM , & SUBRAMONIAM , 2013) | Subramoniam R.; Huisingh D.; Chinnam R.B.; Subramoniam S. | Remanufacturing Decision-Making Framework (RDMF): research validation using the analytical hierarchical process | Journal of Cleaner Production | Remanufacturing; Strategic planning; Aftermarket; Decision-making framework; Analytic hierarchy process 2013 133 |

| | | | | | | |
|---|---|--|---|---|-------------|------------|
| <p>11 (KUMAR & YAMAOKA, SYSTEM DYNAMICS STUDY OF THE JAPANESE AUTOMOTIVE INDUSTRY CLOSED LOOP SUPPLY CHAIN, 2007)</p> | <p>Kumar S.; Yamaoka T.</p> | <p>System dynamics study of the Japanese automotive industry closed loop supply chain</p> | <p>Journal of Manufacturing Technology Management</p> | | <p>2007</p> | <p>110</p> |
| <p>12 (KUSAKCI, AYVAZ, CIN, & AYDIN, 2019)</p> | <p>Kuşakçı A.O.; Ayvaz B.; Cin E.; Aydın N.</p> | <p>Optimization of reverse logistics network of End of Life Vehicles under fuzzy supply: A case study for Istanbul Metropolitan Area</p> | <p>Journal of Cleaner Production</p> | <p>End-of-life vehicles; Fuzzy linear programming; Istanbul; Location allocation problem; Reverse logistics</p> | <p>2019</p> | <p>75</p> |
| <p>13 (RICHNÁK & GUBOVÁ, 2021)</p> | <p>Patrik Richnák and Klaudia Gubová</p> | <p>Green and Reverse Logistics in Conditions of Sustainable Development in Enterprises in Slovakia</p> | <p>Sustainability (Switzerland)</p> | <p>green logistics; reverse logistics; sustainable development</p> | <p>2021</p> | <p>51</p> |
| <p>14 (KAVIANI, Y OTROS, 2020)</p> | <p>Mohamad Amin Kaviani, Madjid Tavana, Anil Kumar, Jerzy</p> | <p>An integrated framework for evaluating the barriers to successful implementation of</p> | <p>Journal of Cleaner Production</p> | <p>Reverse logistics; Implementation barriers; Supply chain; Best-worst method; Weighted</p> | <p>2020</p> | <p>68</p> |

| | | | | | | |
|---|--|---|-------------------------------------|---|------|----|
| | Michnik, Raziye Niknam, Elaine Aparecida Regiani de Campos | reverse logistics in the automotive industry | | influence non-linear gauge system | | |
| 15 (TIPPAYAWONG, NIYOMYAT, SOPADANG, & RAMINGWONG, 2016) | Tipayawong, K.Y., Niyomyat, N., Sopadang, A., Ramingwong, S. | Factors Affecting Green Supply Chain Operational Performance of the Thai Auto Parts Industry | Sustainability (Switzerland) | supply chain management; factor analysis; financial performance; sustainable logistics | 2016 | 30 |
| 16 (HAO, ZHANG, WANG, & ZHANG, 2018) | Hao Hao, Qian Zhang, Zhiguo Wang, Ji Zhang | Forecasting the number of end-of-life vehicles using a hybrid model based on grey model and artificial neural network | Journal of Cleaner Production | Forecasting; End-of-life vehicles; Grey model; Artificial neural network; Reverse logistics | 2018 | 68 |
| 17 (ENE & ÖZTÜRK, 2015) | Ene S.; Öztürk N. | Network modeling for reverse flows of end-of-life vehicles | Waste Management | End-of-life vehicle; Mathematical programming; Network design; Product recovery; Reverse logistics; Waste management | 2015 | 53 |

| | | | | | | |
|--|--|---|---|--|-------------|-----------|
| <p>18 (GHADGE, MOGALE, BOURLAKIS, MAIYAR, & MORADLOU, 2022)</p> | <p>Ghadge A.; Mogale D.G.; Bourlakis M.; M. Maiyar L.; Moradlou H.</p> | <p>Link between Industry 4.0 and green supply chain management: Evidence from the automotive industry</p> | <p>Computers and Industrial Engineering</p> | <p>Automotive industry; Blockchain; Cyber-Physical Systems; Green practices; Green supply chain management; Industry 4.0; Internet of Things; Sustainability</p> | <p>2022</p> | <p>42</p> |
| <p>19 (SUNDIN & DUNBÄCK, 2013)</p> | <p>Sundin E.; Dunbäck O.</p> | <p>Reverse logistics challenges in remanufacturing of automotive mechatronic devices</p> | <p>Journal of Remanufacturing</p> | <p>Automotive; CAN bus; CAN REMAN; Electronics; Mechatronics; Remanufacturing; Reverse logistics; SME</p> | <p>2013</p> | <p>38</p> |
| <p>20 (RAVI & SHANKAR, AN ISM-BASED APPROACH ANALYZING INTERACTIONS AMONG VARIABLES OF REVERSE LOGISTICS IN AUTOMOBILE INDUSTRIES, 2017)</p> | <p>Ravi V.; Shankar R.</p> | <p>An ISM-based approach analyzing interactions among variables of reverse logistics in automobile industries</p> | <p>Journal of Modelling in Management</p> | <p>Automobile industry; Interpretive structural modeling (ISM); Reverse logistics</p> | <p>2017</p> | <p>37</p> |

| | | | | | | |
|--|--|---|---|--|-------------|-----------|
| <p>21 (LIND, OLSSON, & SUNDIN, 2014)</p> | <p>Lind S.; Olsson D.; Sundin E.</p> | <p>Exploring inter-organizational relationships in automotive component remanufacturing</p> | <p>Journal of Remanufacturing</p> | <p>Automotive; CAN-REMAN; Inter-organizational; Remanufacturing; Reverse logistics; Reverse supply chain; SME</p> | <p>2014</p> | <p>36</p> |
| <p>22 (YANG, Y OTROS, 2022)</p> | <p>Yang C.; Wang Q.; Pan M.; Hu J.; Peng W.; Zhang J.; Zhang L.</p> | <p>A linguistic Pythagorean hesitant fuzzy MULTIMOORA method for third-party reverse logistics provider selection of electric vehicle power battery recycling</p> | <p>Expert Systems with Applications</p> | <p>Electric vehicle power battery recycling (EVPBR); Linguistic Pythagorean hesitant fuzzy set (LPHFS); Multi-criteria decision-making (MCDM); MULTIMOORA method; Third-party reverse logistics (3PRL) providers</p> | <p>2022</p> | <p>35</p> |
| <p>23 (DATTA, SAMANTRA, MAHAPATRA, MANDAL, & MAJUMDAR, 2013)</p> | <p>Datta S.; Samantra C.; Mahapatra S.S.; Mandal G.; Majumdar G.</p> | <p>Appraisalment and selection of third party logistics service providers in fuzzy environment</p> | <p>Benchmarking</p> | <p>Automotive industry; Decision making; India; Multi-criteria decision making; Operations and production management; Supply chain management;</p> | <p>2013</p> | <p>27</p> |

| | Third-party logistics provider | | | | | |
|---|--|--|---|---|------|----|
| <p>24</p> <p>(RABBANI, SADATI, & FARROKHI-ASL, 2020)</p> | Rabbani M.; Amirhossein Sadati S.; Farrokhi-Asl H. | Incorporating location routing model and decision making techniques in industrial waste management: Application in the automotive industry | Computers and Industrial Engineering | Bi-objective optimization problem; Industrial waste management; Location routing problem; Multi-criteria decision-making; | 2020 | 26 |
| <p>25</p> <p>(QUARIGUASI FROTA NETO & DUTORDOIR, 2020)</p> | Quariguasi Frota Neto J.; Dutordoir M. | Mapping the market for remanufacturing: An application of “Big Data” analytics | International Journal of Production Economics | Reverse logistic Big data and closed-loop supply chain; Remanufacturing; Reverse logistics | 2020 | 23 |
| <p>26</p> <p>(RAVI, REVERSE LOGISTICS OPERATIONS IN AUTOMOBILE INDUSTRY: A CASE STUDY USING SAP-LAP APPROACH, 2014)</p> | V. Ravi | Reverse Logistics Operations in Automobile Industry: A Case Study Using SAP-LAP Approach | Global Journal of Flexible Systems Management | Automobile industry Reverse logistics SAP-LAP framework | 2014 | 22 |

| | | | | | | |
|--|--|---|--|--|-------------|-----------|
| <p>27 (OLUGU & WONG, 2011)</p> | <p>Olugu E.U.; Wong K.Y.</p> | <p>Fuzzy logic evaluation of reverse logistics performance in the automotive industry</p> | <p>Scientific Research and Essays</p> | <p>Automotive industry; Fuzzy logic; Performance evaluation; Reverse logistics; Supply chain management</p> | <p>2011</p> | <p>19</p> |
| <p>28 (NA, SIM, & LEE, 2013)</p> | <p>Byungsoo Na, Min Kyu Sim, Won Ju Lee</p> | <p>An Optimal Purchase Decision of Reusable Packaging in the Automotive Industry</p> | <p>Sustainability (Switzerland)</p> | <p>reusable packaging; supply chain; simulation; optimization; stochastic demands; stochastic lead time</p> | <p>2013</p> | <p>19</p> |
| <p>29 (DAABOUL, LE DUIGOU, PENCIUC, & EYNARD, 2014)</p> | <p>Joanna Daaboul, Julien Le Duigou, Diana Penciu, Benoît Eynard</p> | <p>Reverse logistics network design: a holistic life cycle approach</p> | <p>Journal of Remanufacturin g</p> | <p>Reversed logistics design; LCA; Wrought aluminum</p> | <p>2014</p> | <p>13</p> |
| <p>30 (SONAR, MUKHERJEE, GUNASEKARAN, & SINGH, 2022)</p> | <p>Sonar H.; Mukherjee A.; Gunasekaran A.; Singh R.K.</p> | <p>Sustainable supply chain management of automotive sector in context to the circular economy: A strategic framework</p> | <p>Business Strategy and the Environment</p> | <p>automotive; barriers; circular economy; DEMATEL; ISM; strategic framework; supply chain; sustainability</p> | <p>2022</p> | <p>16</p> |

| | | | | | | |
|--|--|---|---|--|-------------|-----------|
| <p>31 (KARAGOZ, AYDIN, & SIMIC, 2022)</p> | <p>Selman Karagoz, Nezir Aydin, Vladimir Simic</p> | <p>A Novel Stochastic Optimization Model for Reverse Logistics Network Design of End-of-Life Vehicles: A Case Study of Istanbul</p> | <p>Environmental Modeling & Assessment</p> | <p>End-of-life vehicle, Decision-making, Stochastic programming, Scenario-based optimization, Uncertainty</p> | <p>2022</p> | <p>10</p> |
| <p>32 (RAJABZADEH, ALTMANN, & RASTI-BARZOKI, 2023)</p> | <p>Hamed Rajabzadeh, Jörn Altmann, Morteza Rasti-Barzoki</p> | <p>A game-theoretic approach for pricing in a closed-loop supply chain considering product exchange program and a full-refund return policy: a case study of Iran</p> | <p>Environmental Science and Pollution Research</p> | <p>Pricing, Closed-loop supply chain, Product exchange program, Return policy, Game theory, Iran</p> | <p>2023</p> | <p>5</p> |
| <p>33 (SHAHIDZADEH & SHOKOUHYAR, 2023)</p> | <p>Shahidzadeh M.H.; Shokouhyar S.</p> | <p>Toward the closed-loop sustainability development model: a reverse logistics multi-criteria decision-making analysis</p> | <p>Environment, Development and Sustainability</p> | <p>Circular economy; Linguistics interval-value fuzzy DEMATEL; Sustainability model; Sustainable reverse logistics</p> | <p>2023</p> | <p>13</p> |
| <p>34</p> | <p>Omosa G.B.; Numfor S.A.;</p> | <p>Modeling a Reverse Logistics Supply Chain for End-of-Life Vehicle Recycling Risk</p> | <p>Sustainability (Switzerland)</p> | <p>ELV supply chain; End-of- Life Vehicle (ELV); fuzzy set;</p> | <p>2023</p> | <p>7</p> |

| | | | | |
|--|---|--|---|---|
| <p>(OMOSA, NUMFOR, & KOSACKA-OLEJNIK, 2023)</p> | <p>Kosacka-Olejnik M.</p> | <p>Management: A Fuzzy Risk Analysis Approach</p> | | <p>reverse logistics; risk management</p> |
| <p>35 (ZHANG & SU, 2020)</p> | <p>Zhang X.; Su T.; Xin B.</p> | <p>The Dominance Degree-Based Heterogeneous Linguistic Decision-Making Technique for Sustainable 3PRLP Selection</p> | <p>Complexity</p> | <p>2020 12</p> |
| <p>36 (DA CRUZ, GOYANNES GUSMÃO CAIADO, & SILVA SANTOS, 2022)</p> | <p>da Cruz M.M.; Caiado R.G.G.; Santos R.S.</p> | <p>Industrial Packaging Performance Indicator Using a Group Multicriteria Approach: An Automaker Reverse Operations Case</p> | <p>Logistics</p> | <p>AHP-GDM; automakers; automotive industry; packaging development; reverse logistics</p> <p>2022 4</p> |
| <p>37 (CARRASCO-GALLEGO, DELGADO-HIPÓLITO, & PONCE-CUETO, 2011)</p> | <p>Carrasco-Gallego R.; Delgado-Hipólito J.; Ponce-Cueto E.</p> | <p>Reverse logistics in the automotive industry: Organizational models for waste generated in repair shops</p> | <p>Environmental Science and Engineering (Subseries: Environmental Science)</p> | <p>2011 2</p> |

| | | | | | | |
|---|---|--|---|--|-------------|-----------|
| <p>38 (MOHEBBAN-AZAD, ABTAHI, & YOUSEFI- ZENOZ, 2022)</p> | <p>Mohebban-Azad E.; Abtahi A.-R.; Yousefi-Zenouz R.</p> | <p>A reliable location-inventory- routing three-echelon supply chain network under disruption risks</p> | <p>Journal of Modelling in Management</p> | <p>Disruption risk; Lagrangian relaxation; Modeling; Optimization; Reliable supply chain; Robust optimization; Supply chain management</p> | <p>2022</p> | <p>2</p> |
| <p>39 (LAKHMI, SAHIN, & DALLERY, 2022)</p> | <p>Lakhmi N.; Sahin E.; Dallery Y.</p> | <p>Modelling the Returnable Transport Items (RTI) Short- Term Planning Problem</p> | <p>Sustainability (Switzerland)</p> | <p>automotive industry; greedy heuristic; MILP; optimization; returnable transportation item; reverse logistics; supply chain management</p> | <p>2022</p> | <p>0</p> |
| <p>40 (SELLITTO, BITTENCOURT, & RECKZIEGEL, 2017)</p> | <p>Miguel A. Sellitto, Sandro A. Bittencourt, Bárbara I. Reckziegel</p> | <p>Evaluating the implementation of GSCM in industrial supply chains: Two cases in the automotive industry</p> | <p>Chemical Engineering Transactions</p> | | <p>2015</p> | <p>17</p> |
| <p>41 (MERKISZ- GURANOWSKA, 2009)</p> | <p>Agnieszka Merkisz- Guranowska</p> | <p>A comparative study on end- of-life vehicles network design</p> | <p>Archives of Transport</p> | <p>end-of-life vehicles, ELV reverse logistics, ELV recycling network, ELV network design</p> | <p>2009</p> | <p>8</p> |

42
**(KARUNAKARAN,
RAMASAMY, ANAND, &
SANTHI, 2023)**

| | | | | | |
|------------------|--------------------------|-----------------|-------------------------|------|---|
| Sunil Kumar | END-OF-LIFE VEHICLES | Environmental | automobile waste | 2023 | 0 |
| Karunakaran, | ASSESSMENT OF THE | Engineering and | management; information | | |
| Narayanan | AUTOMOBILE INDUSTRY | Management | sharing; recycling; | | |
| Ramasamy, | USING REVERSE LOGISTICS | Journal | reprocessing; reverse | | |
| Manoharan Dev | SUPPLY CHAIN AND MACHINE | | logistics; supply chain | | |
| Anand, | LEARNING ALGORITHMS | | management | | |
| Nagarajan Santhi | | | | | |

4.2. Proceso de recolección y análisis de los documentos seleccionados

Una vez filtrada la búsqueda y seleccionados los artículos a analizar en profundidad, se procede al análisis de los datos mediante tablas de coincidencia. Estas tablas ofrecen una visión detallada de las relaciones y asociaciones identificadas entre los diferentes artículos. Además, permiten visualizar de forma estructurada las relaciones y similitudes entre los artículos seleccionados, registrando las coincidencias de términos clave, palabras o conceptos compartidos. Esto facilita la identificación de patrones, tema recurrentes y relaciones temáticas emergentes.

En la Tabla 4 se representan los diferentes apartados que se analizarán en la revisión bibliográfica. Cada apartado tiene asociados los artículos en los que se basarán las conclusiones y de los que se extraerá la información más relevante para el estudio. Es importante señalar que, aunque algunos artículos aborden varios campos, no siempre estos estarán resaltados, ya que se ha realizado un análisis exhaustivo para clasificarlos en los campos que investigan en mayor medida. De esta manera, se simplifica el análisis y se obtienen resultados y conclusiones más pertinentes para el objetivo del estudio.

A continuación se muestra la clasificación de los artículos que han sido seleccionados en función del campo que tratan (Tabla 4) para, posteriormente, detallarse en apartados diferentes cada uno de los campos a analizar y los artículos que han investigado sobre ello.

La temática de los artículos seleccionados (Tabla 4) es muy heterogénea, lo que demuestra la profundidad y amplitud que tiene la investigación académica respecto a la logística inversa en el sector de la automoción. Esta diversidad temática refleja cómo diferentes aspectos de la logística inversa han sido objeto de estudio y análisis detallado, permitiendo una comprensión más integral y matizada de este campo. A continuación, se presentan las áreas investigadas en los diferentes artículos analizados:

- Stakeholders. Respecto a esta temática solo realiza una investigación explícita un único artículo, aunque a su vez es aquel que más citas tiene en la base de datos y, el cual se centra en La investigación sobre los *stakeholders* y su importancia y presencia de los diferentes interesados en la actividad y el impacto de una organización y en sus resultados. Se pueden llegar a incluir entre los interesados a los empleados, accionistas, clientes, proveedores o gobiernos, de los cuales, cada uno tiene sus

propios intereses y niveles de influencia. Además, los estudios en este área analizan cómo las presiones y expectativas de estos grupos afectan la adopción y el éxito de prácticas de logística inversa, subrayando la necesidad de una gestión adecuada y una comunicación efectiva con todos los interesados para lograr un rendimiento sostenible y responsable.

- Barreras. Los documentos que mencionan las principales barreras para la implantación y desarrollo de la logística inversa identifican una serie de obstáculos que las empresas deben superar, las cuales pueden incluir desafíos técnicos, financieros y organizativos y culturales. La identificación y análisis de estas barreras representa un gran importancia para el desarrollo de estrategias efectivas que faciliten la implementación de prácticas de logística inversa, permitiendo a las empresas no solo cumplir con las normativas ambientales, sino también mejorar su eficiencia operativa.
- Desempeño CS. Es la temática que más se repite en la literatura analizada. Aquellos artículos que evalúan el rendimiento de los procesos de la logística inversa en el sector de la automoción abordan la implementación y desarrollo de la cadena de suministro y además, son los mismos que analizan los factores estratégicos que deben tenerse en cuenta en la toma de decisiones, tales como la eficiencia, la sostenibilidad y la rentabilidad. Evaluar el desempeño de la cadena de suministro desde la perspectiva de la logística inversa ayuda a las empresas a identificar áreas de mejora y a desarrollar practicas más sostenibles y eficientes.
- VFVU. Son aquellos artículos que investigan acerca de la gestión de vehículos al final de su vida útil (VFVU) enfocándose en la gestión de productos defectuosos o que han llegado al final de su ciclo de vida, además de la reducción de residuos que estos generan. Es por ello que esta temática es especialmente relevante en la industria de la automoción debido a la gran cantidad de materiales y componentes que requieren una gestión adecuada para minimizar su impacto ambiental. Además, la investigación en esta área proporciona conocimientos sobre las mejores prácticas y tecnologías para la recuperación y reciclaje de materiales, contribuyendo a una economía circular.
- Proveedores. La selección de los proveedores óptimos es un aspecto fundamental en la logística inversa, y los artículos marcados en la tabla en este aspecto analizan y explican diferentes metodologías para esta selección, las cuales pueden incluir desde modelos de decisión multicriterio y análisis de desempeño de proveedores, hasta estrategias de colaboración. La correcta selección de proveedores no solo mejora la

eficiencia y efectividad de la logística inversa, sino que también asegura que los materiales y componentes recuperados cumplan con los estándares de calidad y sostenibilidad.

- **Buenas prácticas.** A pesar de que en todos los documentos se presentan casos en los que se han aplicado o analizado metodologías, existen algunos de estos artículos en los que se centra de una forma muy concisa en un caso real en un país de concreto. Dichos estudios proporcionan ejemplos concretos y detallados de cómo las empresas en diferentes contextos han implementado prácticas de logística inversa con éxito. Analizar estas buenas prácticas permite identificar factores clave de éxito y lecciones aprendidas que pueden ser aplicables entre otros contextos y regiones.
- **Toma de decisiones.** Se trata de documentos en los que mediante una cierta metodología, ya sea un modelo matemático, encuesta, dinámica de sistemas o un método cualitativo, se pueden tomar ciertas decisiones entorno a la problemática de la logística inversa en el sector de la automoción. La investigación en esta área tiene una gran relevancia para el desarrollo de marcos y modelos que apoyen la planificación y ejecución efectiva de prácticas de logística inversa.

Tabla 4. Clasificación artículos seleccionados. Fuente: elaboración propia.

| | Stakeholders | Barreras | Desempeño CS | VFVU | Proveedores | Buenas prácticas | Toma de decisiones |
|----|--------------|----------|--------------|------|-------------|------------------|--------------------|
| 1 | X | | | | | | |
| 2 | | X | | | | | |
| 3 | | | X | | | | |
| 4 | | | | X | | | |
| 5 | | | X | | | | |
| 6 | | | X | | X | | X |
| 7 | | | | | | X | |
| 8 | | X | | | | | |
| 9 | | | | X | | | |
| 10 | | | | | | | X |
| 11 | | | | X | | | |
| 12 | | | | X | | | |
| 13 | | | | | | X | |
| 14 | | X | | | | | |
| 15 | | | X | | | | |
| 16 | | | | X | | | |
| 17 | | | | X | | | |
| 18 | | | X | | | | |
| 19 | | | | X | | | |

| | | | |
|----|---|---|---|
| 20 | x | | |
| 21 | x | | |
| 22 | x | | x |
| 23 | x | | x |
| 24 | | x | |
| 25 | x | | |
| 26 | x | | |
| 27 | x | | |
| 28 | | | x |
| 29 | x | | |
| 30 | x | | |
| 31 | | x | |
| 32 | x | | |
| 33 | x | | |
| 34 | | x | |
| 35 | | | x |
| 36 | x | | |
| 37 | | x | |
| 38 | x | | |
| 39 | x | | |
| 40 | x | | |
| 41 | | x | |
| 42 | | x | |

4.2.1. Stakeholders

En las últimas décadas, la creciente preocupación por los problemas medioambientales ha llevado a las empresas a considerar seriamente la sostenibilidad en sus estrategias operativas y competitivas. Este fenómeno ha sido especialmente relevante en el sector de la automoción, una industria altamente regulada y con un impacto ambiental significativo. En este contexto, la logística inversa ha emergido como una práctica clave para gestionar el ciclo de vida de los productos y minimizar su impacto ambiental. Además, no solo la logística inversa se focaliza en el reciclaje y la reutilización de materiales, sino que también en el cumplimiento de diferentes normativas como la Directiva 20007537EC sobre Vehículos Fuera de Uso.

El artículo 1 (Sarkis, González Torre, & Adenso Díaz, 2010) investiga la influencia de las presiones de los grupos de interés en la adopción de prácticas ambientales dentro de la industria de la automoción española, destacando el papel mediador de la formación ambiental. Este estudio proporciona una visión integral de cómo las empresas pueden

desarrollar capacidades internas para responder de manera efectiva a estas presiones y mejorar su desempeño ambiental.

El objetivo principal del estudio es explorar la hipótesis de que la presión ejercida por los *stakeholders* sobre las empresas del sector automovilístico para que adopten prácticas ambientales es mediada por los programas de formación ambiental dentro de estas organizaciones.

La metodología de esta investigación, se basó en el diseño de un cuestionario dirigido a gerentes de empresas de la industria de la automoción en España. Dicho cuestionario recopila información sobre las características de las empresas, los programas de formación recibidos, las prácticas ambientales implementadas y las presiones de los *stakeholders*. Se llevó a cabo una selección de 208 empresas, de las cuales 157 proporcionaron datos completos y válidos para el análisis.

En cuanto a los resultados que se han obtenido del cuestionario, revelan que la formación en prácticas ambientales desempeñan un papel mediador importante entre las presiones de los *stakeholders* y la adopción de prácticas ambientales en las empresas automovilísticas. Hay que destacar que la relación entre las presiones de los *stakeholders* y la adopción de prácticas ambientales, como la reducción de fuentes, el eco-diseño y la implementación de sistemas de gestión ambiental, está significativamente mediada por la formación ambiental. Por ello, sin una formación adecuada, las presiones de los *stakeholders* no se traducen de manera efectiva en prácticas ambientales concretas.

Como se ha mencionado, la formación influye de manera considerablemente fuerte en la adopción de prácticas de eco-diseño, lo cual indica que para su integración en las operaciones diarias de manera efectiva, los empleados necesitan no solo competencias técnicas sino que además de una gran motivación. Los programas de formación que se desarrollen deben centrarse tanto en la mejora de competencias técnicas como en la motivación de los empleados, pudiéndose así una adopción efectiva y sostenible.

A pesar de que el estudio se ha centrado en el sector de la automoción en España, en el artículo se sugiere que futuras investigaciones exploren la aplicabilidad de estos hallazgos en otros sectores industriales y en distintos contextos geográficos, además de destacar la necesidad de investigar la efectividad de diversos tipos de formación y su impacto en la adopción de prácticas ambientales.

Se puede decir, que el artículo destaca que para que las empresas de la industria de la automoción puedan responder de manera efectiva a las presiones de los *stakeholders* y adoptar prácticas ambientales, es esencial la implementación de programas de formación ambiental, ya que destaca que sin este aprendizaje, es improbable que las presiones externas se traduzcan en acciones concretas. Por ello, destaca la importancia de desarrollar capacidades de conocimiento dentro de las organizaciones para la mejora de su desempeño ambiental y el cumplimiento de las expectativas de sostenibilidad.

En conclusión, la investigación pone de relieve que la formación ambiental es un componente indispensable para la integración exitosa de prácticas de la logística inversa en la industria automovilística, facilitando así una respuesta efectiva a las crecientes demandas de sostenibilidad por parte de los *stakeholders*.

4.2.2. Barreras

La logística inversa en el sector de la automoción se ha convertido en un área de interés creciente debido a la presión por desarrollar prácticas más sostenibles y reducir el impacto ambiental de las actividades industriales. Sin embargo, la implementación de estas prácticas enfrenta numerosas barreras que dificultan su adopción efectiva. En este apartado se va a examinar las principales barreras identificadas en los artículos 2, 8 y 14.

En el artículo 2 (Ravi & Shankar, Analysis of interactions among the barriers of reverse logistics, 2005) se lleva a cabo una revisión de la literatura existente para identificar posibles barreras teóricas y prácticas en la logística inversa. Teniendo ya una idea de la literatura publicada, se utiliza la modelización estructural interpretativa (ISM), a través de la cual se analiza y comprende las interacciones entre las barreras de la logística inversa en la industria automovilística para su posterior clasificación.

Por otra parte, el artículo 8 (González Torre, Álvarez, Sarkis, & Adenso Díaz, 2010) ha llevado a cabo la investigación a través de unos cuestionarios rellenos por empresas del sector de la automoción en España en los que se incluían barreras internas y externas. A continuación, se utiliza la modelización de ecuaciones estructurales (SEM), la cual es una técnica estadística multivariante que se utiliza para analizar las relaciones estructurales entre variables.

En cuanto al artículo 14 (Kaviani, y otros, 2020), la metodología de investigación es muy similar al del artículo 2 con la utilización del ISM combinándolo con la metodología Fuzzy AHP, la cual

consiste en la identificación de las barreras, organizándolas de forma jerárquica y asignándoles un peso mediante el uso de la lógica difusa.

Como se ha comentado, las barreras identificadas pueden dividirse en dos categorías: interiores y exteriores. De esta forma, se conocen cuáles son aquellas barreras que se encuentran dentro de la empresa y cuáles se generan alrededor de la compañía. A continuación, se detallan las principales limitaciones en la implantación y desarrollo de la logística inversa en el sector de la automoción:

BARRERAS INTERNAS

- Ausencia de sistemas de información y tecnología. Debido a la ausencia de sistemas de información adecuados y la tecnología necesaria para gestionar eficientemente la logística inversa es una de las principales barreras, la cual es mencionada en los tres artículos. Un panorama en el que no haya grandes sistemas para el seguimiento y la gestión de productos devueltos, las empresas encuentran dificultades para la implementación de una logística inversa efectiva.
- Problemas con la calidad del producto. Si la calidad con la que se reciben los productos recuperados puede llegar a desanimar a las empresas a participar en la logística inversa. Al fin y al cabo, los clientes esperan la misma calidad en productos reciclados que en el productos nuevos, lo cual representa un desafío significativo para las empresas.
- Políticas empresariales rígidas. La existencia de políticas internas que no favorecen la logística inversa pueden suponer un obstáculo a considerar. Es por ello, que muchas empresas tienen políticas que priorizan la producción de nuevos productos en lugar de reciclar o reutilizar componentes existentes.
- Resistencia al cambio. La implementación de la logística inversa requiere cambios significativos en los procesos y la cultura organizacional, lo que a menudo encuentra resistencia por parte de los empleados y la gestión.
- Falta de métricas de rendimiento apropiadas. La ausencia de métricas claras para evaluar el rendimiento de las actividades de logística inversa dificulta su seguimiento y mejora. Si no se cuenta con *KPIs* específicos, es difícil medir éxito de estas prácticas y realizar ajustes necesarios.
- Falta de formación y educación. La insuficiencia de programas de capacitación y educación sobre logística inversa para los empleados limita la efectividad de estas prácticas.



- Restricciones financieras. La alta inversión inicial y la falta de recursos financieros pueden suponer un obstáculo a tener en cuenta, ya que la implementación de sistemas y procesos de logística inversa requiere inversiones significativas que muchas empresas, especialmente las PYMES, no pueden permitirse.
- Falta de compromiso de la alta dirección. Si no se cuenta con el respaldo de los niveles superiores de gestión, es difícil movilizar los recursos necesarios y fomentar una cultura organizacional que valore la logística inversa.
- Falta de conciencia sobre la logística inversa. La falta de conocimiento y conciencia sobre los beneficios y prácticas de la logística inversa en todos los niveles de la organización puede llegar a ser un impedimento. Por lo cual, sin una comprensión clara de cómo la logística inversa puede beneficiar a la empresa y al medio ambiente, existe una probabilidad más baja de que se lleguen a implementar estas prácticas.
- Falta de planificación estratégica. Si no existe una visión a largo plazo y con objetivos definidos, las empresas pueden encontrar dificultades para integrar la logística inversa en sus operaciones diarias.

BARRERAS EXTERNAS

Las barreras externas son generadas por la desconfianza existente por parte de algunos stakeholders:

- Clientes. Los clientes pueden llegar a tener percepciones negativas sobre la calidad de los productos reciclados, lo que reduce la viabilidad de la logística inversa.
- Gobierno. La falta de políticas y regulaciones gubernamentales favorables que promuevan la logística inversa hacen que las empresas carezcan de incentivos para la implementación de estas prácticas.
- Actores sociales. La existencia de grupos sociales y organizaciones no gubernamentales pueden limitar la adopción de la logística inversa debido a que estas promuevan una presión social y el apoyo comunitario entorno a la empresa del sector de la automoción.
- Distribuidores y minoristas. La falta de apoyo y cooperación por parte de distribuidores, minoristas y otros socios de la cadena de suministro puede dificultar las operaciones de logística inversa.

Como se puede ver la implementación de la logística inversa en el sector de la automoción enfrenta numerosas barreras tanto internas como externas, las cuales están intrínsecamente

conectadas y pueden influir de forma significativa en la eficacia y eficiencia de las prácticas de la logística inversa.

Por otra parte, se ve que existe un mayor número de restricciones y problemáticas a nivel interno, ya que al final es donde se encuentra, a su vez, el mayor número de oportunidades para iniciar la implantación y mejora del sistema de logística inversa en el sector de la automoción.

4.2.3. Desempeño de la cadena de suministro

El sector de la automoción es una de las industrias más globalizadas y competitivas del mundo, enfrentándose a múltiples de desafíos con el objetivo de la mejora de la eficiencia y sostenibilidad de sus operaciones. La cadena de suministro abarca desde la adquisición de las materias primas en el lugar de origen hasta la entrega del producto terminado al consumidor final. A pesar de ello, la logística inversa se ha convertido en una práctica muy recurrente en los últimos años y, por ello, completando la cadena de suministro y transformándola a una cadena de suministro de ciclo cerrado.

La logística inversa hace referencia a diversas actividades relacionadas con el reciclaje, gestión de productos defectuosos y la reutilización de materiales, que trasladándolo al ámbito de automoción, la logística inversa incluye la recuperación de vehículos fuera de uso, la gestión de residuos peligrosos y el reciclaje de componentes, entre otros.

Además, un aumento del rendimiento de la cadena de suministro proporciona una mejora de la sostenibilidad ambiental de las operaciones, así como un aumento considerable de los beneficios económicos. Por otro lado, la recuperación y reutilización de materiales permiten un menor coste de producción y la minimización de la dependencia de las materias primas de origen.

Por todo ello, se ha establecido como un aspecto a tener en cuenta en el análisis de los artículos escogidos el desempeño de la cadena de suministro, en la cual se asume que se encuentra la logística inversa, ya que se supone que se trata de una cadena de suministro de ciclo cerrado. A continuación, en la Tabla 5 se muestran las inquietudes que tenían los investigadores en sus estudios y cuáles fueron los hallazgos de su trabajo.

Tabla 5. Hallazgos de los artículos enfocados al desempeño de la cadena de suministro.
Fuente: elaboración propia.

| Art | ¿Qué se investigó? | ¿Qué se descubrió? |
|-----|--|---|
| 3 | <p>Cómo las prácticas de gestión de la cadena de suministro verde (GSCM) pueden mejorar el rendimiento operacional y la sostenibilidad. Se enfocó en desarrollar un marco conceptual que mida el rendimiento del GSCM y en la identificación de los factores clave que afectan la eficiencia operativa en la industria de la automoción.</p> | <p>El factor clave más importante para la logística directa es la perspectiva del cliente, aunque los costes son el factor más recurrente a la hora de mejorar la eficiencia operativa.</p> <p>El factor clave a tener más en cuenta en la logística inversa es el compromiso de la gestión.</p> |
| 5 | <p>La viabilidad y los beneficios de integrar estrategias de refabricación en la cadena de suministro de la automoción, además de cómo usar materiales menos tóxicos y la reducción del consumo de energía pueden minimizar el impacto ambiental y mejorar la eficiencia económica.</p> | <p>En cuanto a la planificación estratégica del producto, la regulación ambiental puede tener un impacto positivo en la decisión de refabricar productos si se implementan incentivos adecuados, aunque la disponibilidad de productos nuevos a bajo costes en economías emergentes puede afectar de forma negativa esta decisión.</p> <p>En cuanto a la estructura de distribución física, establecer una red de logística inversa y el cambio tecnológico son aspectos a tener en cuenta.</p> |
| 6 | <p>El desarrollo de un modelo multicriterio para evaluar y seleccionar proveedores de logística inversa de terceros que sean sostenibles y la incorporación de criterios de riesgos para la evaluación de los proveedores mediante la aplicación de métodos difusos en un caso real.</p> | <p>La integración de factores ambientales y sociales son cada vez más dominantes a la hora de seleccionar los proveedores.</p> <p>La incorporación de factores de riesgos al análisis mejora de manera significativa la precisión y utilidad del proceso de selección.</p> |

| | | |
|----|--|---|
| | | <p>La combinación de los diferentes métodos difusos (SWARA y COPRAS) proporciona un enfoque considerable para la toma de decisiones.</p> |
| 15 | <p>Evaluación del desempeño operacional de la gestión de la cadena de suministro verde (GSCM) en la industria de piezas y accesorios para automóviles en Tailandia, desarrollándose un modelo de medición del desempeño (GSPM) para la identificación de factores clave que incluyen en la eficiencia operativa y financiera de las empresas.</p> | <p>La implementación de prácticas GSCM en la industria de piezas y accesorios para automóviles puede mejorar de manera considerable el desempeño operativo y financiero de las empresas.</p> <p>Los factores principales que se han identificado incluyen la adquisición, transporte y manufactura verde; además de, la logística inversa y el ecodiseño y; la reutilización y el reciclaje en la producción.</p> <p>Como futuras líneas, propone investigar cómo se comporta el modelo GSPM en otros sectores.</p> |
| 18 | <p>Cómo la implementación de tecnologías de la Industria 4.0 afecta la reconciliación de capacidades dinámicas en la manufacturación europea. El objetivo era comprender cómo estas tecnologías pueden aumentar la competitividad, la flexibilidad y la sostenibilidad en las operaciones de manufacturación y, de esta forma, mejorar la capacidad de adaptación de las empresas a los cambios en el mercado.</p> | <p>Las tecnologías de la Industria 4.0 tienen un efecto indirecto significativo en el rendimiento de la cadena de suministro verde en el sector de la automoción. Las tecnologías más influenciadas son IoT, Sistemas Ciber-Físicos y Blockchain. Estas tecnologías disruptivas influyen de manera considerable en la logística inversa y las compras verdes y son críticas a la hora de mejorar el rendimiento de la GSC.</p> |
| 20 | <p>Los mecanismos de reciclaje y propuestas de políticas para baterías de vehículos eléctricos en Pekín. Se pretende mejorar la eficiencia y</p> | <p>A través del modelo estructural interpretativo (ISM) en el que han participado expertos en la materia, se arroja que las regulaciones son la base del</p> |

| | | |
|----|---|--|
| | <p>sostenibilidad del reciclaje de baterías en la ciudad.</p> | <p>modelo, indicando que tienen un alto poder de conducción para influir en otras variables de la logística inversa. Se identificaron 15 variables importantes clasificadas en facilitadores, KPIs e inhibidores de la logística inversa. También se revela que las regulaciones afectan de forma significativa a la variables facilitadoras, como son el apoyo de emprendedores políticos, compras verdes por las empresas y tecnologías de la información y comunicación.</p> |
| 21 | <p>Las relaciones interorganizacionales en la remanufactura de componentes automotrices, concretamente de la cadena de suministro de bucle cerrado, basándose en casos de pequeñas y medianas empresas remanufactureras en España.</p> | <p>El parámetro más problemático es conseguir que la cantidad pedida se corresponda con la cantidad entregada, es decir, el rendimiento de la entrega. Se considera el más importante, ya que en el 66% de los casos, los remanufactureros no reciben la cantidad pedida y la cantidad entregada varía mucho, lo cual se produce principalmente por la falta de núcleos y de conocimientos sobre los valores de los mismos. Por ello, propone que se lleven a cabo más investigaciones y conversaciones con los refabricantes y los fabricantes de equipos originales.</p> |
| 22 | <p>Mediante un método basado en un conjunto difuso (LPHFS), se pretende realizar la selección de proveedores de logística inversa de terceros en el reciclaje de baterías de vehículos eléctricos. Utiliza un enfoque de toma de decisiones multicriterio con el método MULTIMOORA.</p> | <p>El método LPHFS-MULTIMOORA es efectivo para la selección de proveedores en el reciclaje de baterías de vehículos eléctricos, ya que mejora la precisión y la flexibilidad en la toma de decisiones. Propone, de cara al futuro, que se debería desarrollar otros modelos sobre esta problemática, como BWM o AHP.</p> |

| | | |
|----|---|---|
| 23 | <p>Desarrollo de una jerarquía procedimental de toma de decisiones para evaluar y seleccionar proveedores de logística inversa de terceros en un entorno difuso, lo cual permitirá manejar la incertidumbre y la subjetividad a la hora de tomar decisiones hacia criterios de selección intangibles.</p> | <p>Las organizaciones reconocen que la gestión de la cadena de suministro, la externalización y la globalización son cuestiones dinámicas fundamentales para lograr el éxito. El estudio concluye que la metodología de lógica difusa facilita la toma de decisiones en la evaluación y selección de proveedores de 3PL.</p> |
| 25 | <p>Utilización de Big Data para investigar las características del mercado de productos refabricados.</p> | <p>Las industrias más asociadas con la refabricación son equipos de impresión, automóviles y piezas de automóviles, equipos de gimnasia, electrónica de consumo y electrodomésticos. Los fabricantes japoneses son los más activos en el mercado de la refabricación, mientras que los chinos, los que menos. Los términos más asociados con la refabricación son calidad y precio, mientras que las preocupaciones ambientales sobresalen menos en el discurso sobre la recuperación de productos.</p> |
| 26 | <p>Análisis de las operaciones de logística inversa en la industria de la automoción a través de un estudio de una empresa automovilística india, utilizando el modelo SAP-LAP (Situación-Actor-Proceso-Learning-Action-Performance)</p> | <p>La empresa que ha sido estudiada se enfoca principalmente en componentes de garantía para ganar el favor de los clientes. En cuanto a las barreras, se han detectado la falta de métricas de rendimiento adecuadas y limitaciones financieras. El método SAP-LAP proporciona una comprensión de los problemas estratégicos, tácticos y operativos de la logística inversa, ayudando a identificar</p> |

| | | |
|----|---|---|
| | | lagunas y sugiriendo acciones de mejora, como la mejor atención al cliente y la sustitución de componentes en garantía para ganarse la voluntad del mismo. |
| 27 | Evaluación del rendimiento del proceso de logística inversa en el sector de la automoción utilizando lógica difusa en una empresa del sudeste asiático. Se aplicaron variables lingüísticas para representar el rendimiento de las métricas, y esta variables se convirtieron en números difusos. | <p>Una vez aplicada la metodología difusa, se afirma que el rendimiento de la logística inversa es algo deficiente. En general, la empresa no ha prestado suficiente atención a dicha labor, como en el compromiso de los proveedores, la participación de los clientes y el compromiso de la dirección mostraron un rendimiento deficiente. Para ello, se propone emprender campañas de sensibilización para los clientes y motivarlos sobre sus vehículos eléctricos (ELVs), a través de descuentos en automóviles nuevos o intercambio en sus ELVs.</p> <p>La calidad de los materiales de los vehículos es baja, debido a que se producen en países que ya son demandados por otros para la fabricación de piezas, además de que en estos países no existen regulaciones serias que hagan cumplir con los procesos de logística inversa.</p> <p>Gracias a la metodología, aquellas personas que deben tomar las decisiones saben que métricas van a ayudar al rendimiento de la logística inversa y, cuáles no.</p> |
| 29 | Diseño de una red de logística inversa para la producción de componentes | Se utilizó el método AHP para comparar diferentes escenarios en la logística |

30

automovilísticos utilizando aleaciones de aluminio reciclado. El estudio forma parte del proyecto europeo SuPLight, que busca soluciones industriales sostenibles para componentes estructurales ligeros basados en aleaciones de aluminio.

Análisis de los factores estratégicos clave para la gestión sostenible de la cadena de suministro en el sector de la automoción dentro de un contexto de la economía circular, utilizando los métodos DEMATEL y el ISM de forma combinada para desarrollar una relación contextual y jerárquica entre las barreras identificadas.

inversa. Los resultados obtenidos validan la necesidad de considerar otros criterios además del coste que supone el diseño de una red de logística inversa. También se demostraba con los resultados que existe la necesidad de considerar el impacto ambiental de la red de logística inversa para todo el ciclo de vida del producto.

Se propone como futuras líneas de investigación, integrar un enfoque de cadena de suministro de ciclo cerrado que podría ofrecer varias ventajas en términos de mejora del rendimiento de toda la red y no solo de la red logística inversa.

Después de una revisión bibliográfica, el análisis DEMATEL ayudó a identificar los aspectos importantes del tema y también distinguió las barreras en grupos de causa y efecto. El modelo ISM desarrolló una jerarquía de barreras identificadas al analizar los poderes de conducción y dependencia. Tras llevar a cabo el estudio, se dictaminó que las barreras principales son: la falta de conciencia sobre la adopción de la logística inversa, la falta de intercambio de información sobre prácticas sostenibles y la complejidad en la medición y el monitoreo de las actividades ambientales de los proveedores.

Como futuras líneas de investigación, plantea llevar a cabo el mismo estudio pero utilizando otros métodos analíticos.

- 32 Exploración del diseño de precios de una cadena de suministro de ciclo cerrado respecto a la industria de la automoción iraní, utilizando la teoría de juegos para investigar estrategias de precios que incluyan un programa de intercambio de productos y una política de devolución con reembolso completo.
- Se plantea una situación de un fabricante y dos minoristas y a partir de ahí, se plantean dos escenarios: uno de precio de recompra por parte del fabricante y otro precio de recompra pero con un descuento aplicado de cuando se realizó la venta al por mayor.
- Se concluyó que es mejor el segundo escenario, ya que se incentiva al minorista a participar en el retorno de productos que han llegado al final de su vida útil y los descuentos impactan directamente en el precio al por mayor de los productos remanufacturados. Por otro lado, mayores descuentos en productos nuevos a cambio de productos de primera y segunda categoría llevan a niveles de ganancias más bajos para el primer minorista y, por ello, se deben tomar medidas adecuadas por parte del primer minorista para mantenerse rentable.
- 33 Desarrollo de un modelo de sostenibilidad de ciclo cerrado mediante un análisis de toma de decisiones multicriterio en logística inversa, utilizando el método DEMATEL difuso con intervalos de valores lingüísticos para analizar y determinar la relación entre el rendimiento de la logística inversa y la sostenibilidad.
- Se establecieron diferentes atributos agrupándolos en causa o efecto. Hay que aclarar que los de causa son más importantes ya que influyen sobre los atributos de efecto. Los más importantes de causa fueron: “valor del producto”, “cantidad de productos devueltos” y “precio” entre otros. Mientras que los más importantes de efecto fueron: “decisiones de disposición”, “condiciones ambientales” y “costes de logística inversa” entre otros.

Por ello, debido a la limitación de recursos naturales, la importancia de la red logística es considerada como vital no solo por investigadores, sino también por fabricantes y, además los deseos de los directivos se alinearán con la economía circular prestando atención a los deseos de los consumidores.

36 Enfoque de toma de decisiones grupal multicriterio para la evaluación del rendimiento del embalaje industrial en las operaciones de logística inversa de una empresa del sector de la automoción en Brasil, utilizando el proceso de jerarquía analítica (AHP) combinado con la toma de decisiones grupal (GDM) para priorizar criterios y establecer un consenso técnico estructurado entre los especialistas en ingeniería de embalaje.

El modelo propuesto tiene el objetivo de ser una forma de aplicación rápida y sin necesidad de tener software y/o procedimientos complejos a su disposición, requiriendo solo el compromiso del equipo. El artículo concluye que el método AHP-GDM es una solución al problema, ya que combinándose con otras herramientas como lluvia de ideas y recolección de datos, demostró ser valioso para el análisis del rendimiento del embalaje. Como se trata de un modelo de aplicación sencillo, puede utilizarse en la elaboración de un ranking de qué embalajes necesitan mejorarse basándose en comparaciones de otros embalajes.

38 Diseño de una red de cadena de suministro de tres niveles, multiproducto y multiperiodo que considere los riesgos de interrupción y la incertidumbre en el sistema de inventario, utilizando un enfoque de optimización robusta para manejar los

El artículo busca diseñar una cadena de suministro confiable al considerar el riesgo de interrupciones en una cadena de suministro de tres niveles para la industria de la automoción. La ubicación, inventario y distribución en esta cadena de suministro se diseñan considerando la

| | | |
|----|---|---|
| | <p>efectos de la incertidumbre y proponiendo un modelo de programación lineal externo mixto multiobjetivo.</p> | <p>posibilidad de interrupciones y la utilización de proveedores alternativos en condiciones específicas y diferentes probabilidades de interrupción. También se contempla la posibilidad de que el distribuidor pueda elegir entre tener escasez de inventario y asumir los costes o tener una capacidad crítica. Por otro lado, también se destaca la importancia de la logística inversa para minimizar el daño ambiental.</p> |
| 39 | <p>Planificación a corto plazo de los flujos de artículos de transporte retornables (RTI) en una red de cadena de suministro que involucra múltiples proveedores y clientes, utilizando una programación lineal entera mixta y una heurística voraz para optimizar las rutas de transporte.</p> | <p>El principal problema en la planificación a corto plazo de los RTI vacíos es la definición de los flujos y las frecuencias de retorno entre clientes y proveedores. El modelo propuesto llega a reducir en un 30% el número de camiones utilizados y en un 20% la distancia recorrida, optimizando las rutas de transporte de RTI vacíos.</p> <p>La planificación conjunta de RTI dedicados y en pool puede generar una reducción del 9% en los costes de transporte.</p> <p>El modelo aborda la necesidad de equilibrar la frecuencia de retorno con el tamaño de la flota de RTI, evitando costes de escasez y transporte adicional.</p> |
| 40 | <p>Modelo para evaluar la efectividad de implementación de la gestión de la cadena de suministro verde (GSCM) en las cadenas de suministro industriales, utilizando indicadores categóricos estructurados para capturar la</p> | <p>El estudio se centra en evaluar la efectividad de un conjunto de prácticas verdes seleccionadas distribuidas a lo largo de la cadena de suministro. La evaluación se basa en la opinión de gerentes y expertos y en los</p> |

complejidad de las prácticas de GSCM en dos casos del sector de la automoción.

procedimientos de investigación que deben asegurar la fiabilidad y validez de los resultados.

En el primer caso de estudio, la GSCM debe centrarse en el proceso estratégico verde, mientras que en el segundo caso, la GSCM se debería centrar en el proceso de innovación verde.

Tras analizar detenidamente los veinte artículos de investigación relacionados con el desempeño de la cadena de suministro, se ha obtenido una visión integral de cómo se configura el rendimiento de una cadena de suministro cerrada, en cual se incluye la logística inversa aplicado al mundo de la automoción. A través de estas investigaciones, se pueden extraer diferentes aspectos importantes relacionados con la materia de investigación del trabajo.

En primer lugar, destaca la cantidad de metodologías existentes que se pueden llegar a aplicar para mejorar el rendimiento de la cadena de suministro. Se han podido observar uso de diferentes técnicas, entre ellas, el método DEMATEL (Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory), el cual trata de analizar y resolver problemas complejos mediante la identificación y evaluación de las relaciones entre diferentes factores o elementos, como en el artículo 30 (Sonar, Mukherjee, Gunasekaran, & Singh, 2022) que se utilizó para la identificación de factores claves estratégicos para la sostenibilidad de una cadena de suministro en el contexto de una economía circular. Incluso en el mismo artículo, además se utilizó el modelo ISM para, una vez que se habían identificado los factores claves a través de la técnica DEMATEL, estructurar y analizar dichos factores mediante la identificación de las relaciones entre ellos, pudiendo así identificar las barreras que limitaban la sostenibilidad de una cadena de suministro. A continuación, se muestra la metodología (Ilustración 13) que seguía el artículo 30, empezando por una revisión literaria y opinión de expertos para luego aplicar los métodos DEMATEL y ISM.

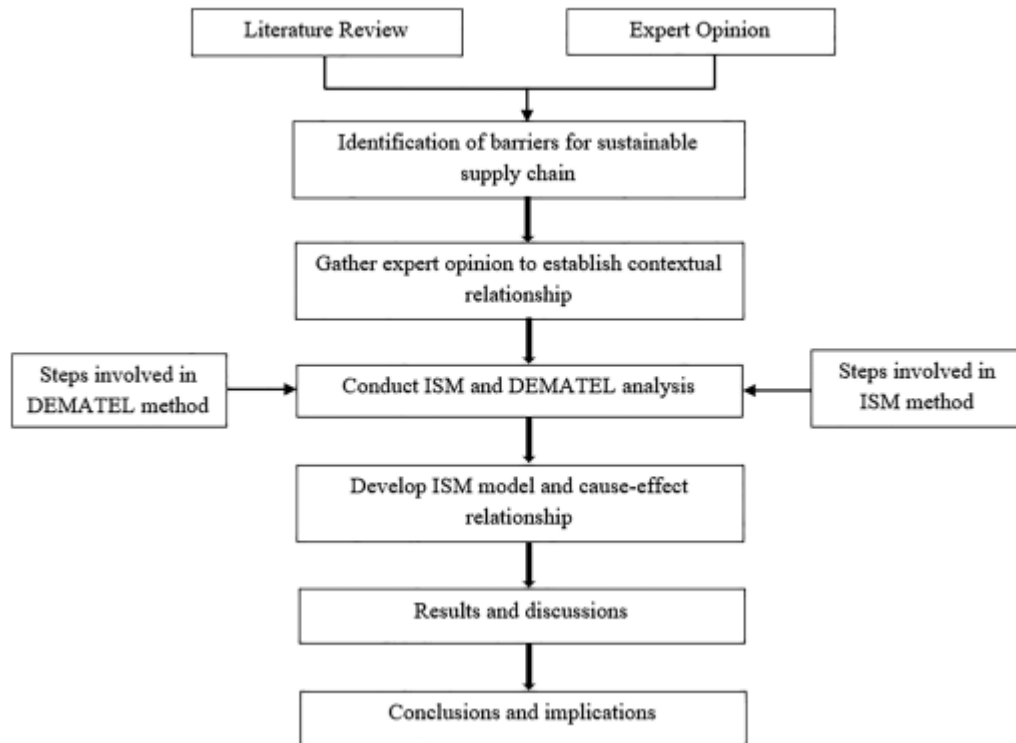


Ilustración 13. Esquema de la metodología del artículo 30, utilizando el método DEMATEL y ISM. Fuente: (Sonar, Mukherjee, Gunasekaran, & Singh, 2022)

Otro método que se ha utilizado es el AHP, la cual es una técnica de toma de decisiones multicriterio y que ayuda a directivos y responsables de empresas a evaluar y priorizar opciones en función de diversos criterios, como es el caso del artículo 29 (Daaboul, Le Duigou, Penciu, & Eynard, 2014), en el cual se utiliza esta técnica para analizar diferentes escenarios en diseño de una red de logística inversa para la producción de componentes automovilísticos utilizando aleaciones de aluminio reciclado.

Hay que destacar la escasa mención de tecnologías de la industria 4.0 en estos artículos. En la actualidad, el desarrollo de dichas tecnologías, ya sea Big Data, Blockchain, IoT, las cuales son utilizadas en la implementación de sistemas de la información de diferentes sectores como el financiero, seguros o inmobiliario. Aunque si es verdad que de los 20 documentos expuestos en este apartado, dos de ellos hacen mención a la Industria 4.0. Uno de ellos es el artículo 18 (Ghadge, Mogale, Bourlakis, Maiyar, & Moradlou, 2022) que investiga como estas tecnologías pueden influenciar en el aumento de la competitividad, la flexibilidad y la sostenibilidad en las operaciones de fabricación en el sector de la automoción. Destaca la influencia indirecta que tendrían ciertas tecnologías como el IoT, Sistemas Ciber-Físicos y Blockchain.

Por otro lado, el artículo 25 (Quariguasi Frota Neto & Dutordoir, 2020) menciona la investigación de la herramienta Big Data para investigar sobre las características de los mercados de productos refabricados, concluyendo que los japoneses son aquellos que tienen más activos en el mercado de la refabricación, mientras que los chinos, los que menos.

Para concluir con este apartado, todos los artículos analizados se centran en poder mejorar la cadena de suministro, teniendo a la vez en cuenta la sostenibilidad de la misma, sacando el mayor rendimiento posible. Algunos de los artículos se centran más en la propia literatura y algunos otros, analizan tanto la literatura académica como diferentes casos que se dan distintas empresas del sector de la automoción.

4.2.4. VFVU (Vehículos al final de su vida útil)

La gestión de los vehículos al final de su vida (VFVUs) lleva siendo un tema recurrente a la hora de referirse a la sostenibilidad y la protección ambiental. Cada año, concretamente en España, según el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, se dan de baja alrededor de 800.000 vehículos (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2024), dejando así de ser un producto y se convierten en un residuo que debe ser debidamente tratado en su proceso de reciclaje y reutilización. Es por ello, que la correcta gestión de estos vehículos no solo implica la eliminación segura de los residuos peligrosos, sino también la recuperación de materiales valiosos que pueden ser reutilizados en la fabricación de nuevos productos, reduciendo así la demanda de recursos naturales.

Como se ha comentado anteriormente, el proceso de gestión de los VFVUs abarca diferentes etapas, desde la recogida y el tratamiento inicial, siguiendo por la descontaminación, desmontaje y, por último la valorización de los materiales. Durante la fase de descontaminación, se lleva a cabo la retirada de fluidos y componentes peligrosos como baterías, aceite y refrigerantes, evitando de esta manera la contaminación del suelo y el agua. Finalmente, se desmontan las piezas que aún tienen valor o que pueden ser recicladas, como metales, plásticos y componentes electrónicos.

Por otro lado, es importante resaltar que la legislación y normativas, como el Real Decreto 265/2021, de 13 de abril, que regula la gestión de los vehículos al final de su vida, juegan un papel determinante en este ámbito, ya que se establecen objetivos para la recuperación y reciclaje de vehículos. Esta situación no solo ocurre a nivel nacional, sino también en muchos otros países existen marcos regulatorios específicos que obligan a los fabricantes y

propietarios de vehículos a garantizar una correcta gestión al final de la vida útil de los automóviles, promoviendo así una economía circular y minimizando el impacto ambiental.

En cuanto a los beneficios ambientales, la gestión adecuada de los VFVUs tiene importantes implicaciones económicas. La industria del reciclaje de vehículos llega a generar nuevos empleos y con ello contribuye a la economía a través de la recuperación de materiales valiosos, además de fomentarse la innovación y el desarrollo de nuevas tecnologías y métodos para el reciclaje y la reutilización de componentes automovilísticos.

Por todo ello, se va a mostrar a continuación en la Tabla 6 los artículos que hablan de la gestión de los vehículos que llegan al final de su vida útil, en donde se muestra lo que se investigado y los hallazgos descubiertos en cada uno de ellos, pudiendo de esta forma sacar conclusiones acerca del impacto de los VFVUs.

Tabla 6. Artículos que aparecen en la dimensión VFVU. Fuente: elaboración propia

| Art | <i>¿Qué se investigó?</i> | <i>¿Qué se descubrió?</i> |
|-----|--|---|
| 4 | Se basa en estudios de caso en profundidad dentro de las instalaciones de refabricación de un importante fabricante de vehículos europeo. El artículo examina si los motivos “clásicos” para la recuperación de productos son aplicables a la refabricación en la automoción | Se propusieron en un principio tres motivos específicos de la literatura (responsabilidad ética y moral, la legislación sobre recuperación y recolección de productos y la rentabilidad de la refabricación. La investigación no confirmó que alguna de estas tres razones induzca o respalde las actividades de refabricación de motores de las empresas del caso. Aunque esto no significa que estas razones no puedan influir en otros sectores industriales. Por ello, en la segunda parte del artículo se descubrieron nuevos motivos que han sido calificadas como fuerzas impulsoras para la refabricación de motores para automóviles. Se descubrió que los motores refabricados proporcionan una gran fuente de repuestos y motores de baja garantía para el fabricante, además de contar con la |

| | | |
|----|--|---|
| | | orientación hacia el cliente y la cuota de mercado y la protección de la marca |
| 9 | Explora las cuestiones emergentes en la recuperación de productos al final de su vida útil y la logística inversa, centrándose en el sector de la automoción, utilizando requisitos de información y el desarrollo de canales de distribución inversa dentro de la empresa extendida mediante un caso de estudio de VFVUs. | La aparición de nuevas asociaciones entre productores y empresas desguazadoras, como Ford con Kwik-Fit en Florida o Mercedes con una empresa dedicada al desguazamiento de vehículos en Países Bajos. Estas integraciones requieren el desarrollo de nuevos sistemas de investigación y modelos de negocio, como el DSS, el cual es un sistema de apoyo en la toma de decisiones para desguazar vehículos al final de su vida útil (VFVUs). A través de este sistema se rellena un formulario con las condiciones en las que se encuentra el vehículo, recomendando que piezas pueden ser recuperables y cuáles deben ser desechadas. |
| 11 | Analiza las relaciones entre reducción, reutilización y eliminación en el mercado de la automoción japonés utilizando el modelo de dinámica de sistemas y, con ello, poder saber cómo implementar un diseño de cadena de suministro inversa efectivo mientras se fabrican vehículos ecológicos a partir de recursos limitados disponibles. | La regulación japonesa de VFVUs aumentará la tasa de exportación de vehículos utilizados. Como el gobierno japonés no impuso un impuesto adicional a la exportación de vehículos utilizados, los fabricantes tienden a exportarlos en mayor cantidad que uno nuevo. Por tanto, si se pretende crear una cadena de suministros en bucle cerrado eficiente dentro de Japón, es necesario imponer algún impuesto de reciclaje para controlar las exportaciones de vehículos utilizados y, con ello, se mejorarán las oportunidades económicas para todos los actores de la cadena de suministro. |

| | | |
|----|---|---|
| | | <p>Para que se produzca la exportación de vehículos utilizados desde Japón, es necesario que en los países emergentes, que hagan la función de importadores, tengan instalaciones que soporten de manera autosostenible la cadena de suministro de bucle cerrado y que estén dispuestas a realizar una inversión.</p> |
| 12 | <p>Optimización de la red logística para vehículos al final de su vida útil (VFVUs) en Estambul, utilizando un modelo de programación lineal mixta difusa, abordando la incertidumbre en la oferta de VFVUs y proponiendo un modelo matemático para determinar las ubicaciones óptimas de las instalaciones y la cantidad asignada de flujos de materiales.</p> | <p>El modelo matemático propuesto puede ayudar a colocar de la manera más optima las instalaciones en la ubicaciones más favorables y asignando la cantidad adecuada a los flujos de materiales. A través de ello, los investigadores han observado que la red no es rentable en las circunstancias actuales con el nivel de VFVUs suministrado, muy por debajo de los niveles promedio de la UE, pero pudiendo tener una gran margen de mejora de costes si se incluyen más VFVUs en la red y aplicando la economía de escalas. El problema de la volatilidad del precio estimado de los componentes y reutilizables y reciclables, es un tema en el que no han podido determinar los parámetros correctos a través del modelo, por lo que proponen que se siga analizando esta situación.</p> |
| 16 | <p>Predicción del número de vehículos al final de su vida (VFVUs) que se reciclarán, mediante un modelo híbrido que combina el suavizado exponencial y una red neuronal artificial optimizada por el algoritmo</p> | <p>Según la predicción del volumen de reciclaje, la industria de vehículos al final de su vida útil puede determinar su capacidad de procesamiento con antelación, hacer planes y decisiones de inversión y maximizar sus beneficios,</p> |

| | | |
|----|--|---|
| | <p>de optimización de enjambre de partículas y, todo ello, utilizando datos históricos del 2005 al 2016 en Shanghái.</p> | <p>además de ayudar al gobierno a formular mejores leyes, regulaciones y políticas relevantes para lograr el desarrollo sostenible de la industria.</p> <p>A pesar de ello, hay múltiples factores que condicionan el volumen de VFVUs, como las políticas económicas industriales, la responsabilidad de los productores, la demanda de refabricación o los niveles de desarrollo legal y económico y, eso hace que la predicción sea una tarea difícil. Es por ello, que en el artículo se mencionan futuras líneas de investigación como los datos del entorno económico, en este caso de China, el entorno político, niveles de desarrollo económico en varias regiones y la estructura de la industria automovilística, que combinándolas podrían ofrecer una mejor aplicabilidad y predictibilidad en un modelo de predicción de VFVUs.</p> |
| 17 | <p>Diseño de redes para gestión de flujos inversos de vehículos al final de su vida útil (VFVUs), proponiendo un modelo matemático para optimizar las operaciones de recuperación y gestión de residuos de VFVUs, incluyendo todas las operaciones necesarias desde la recolección hasta el reciclaje y la disposición final de materiales peligrosos.</p> | <p>Un diseño de red de logística inversa bien planteado no solo beneficia al medioambiente, sino que también puede proporcionar beneficios económicos a los fabricantes, además de ayudar a las empresas a cumplir con las regulaciones ambientales y mejorar su rentabilidad mediante la optimización de las operaciones de recuperación y reciclaje de VFVUs.</p> |
| 19 | <p>Aborda los desafíos de la logística inversa en la refabricación de dispositivos mecatrónicos de la automoción, centrándose en las</p> | <p>La falta de información y apoyo por parte de los fabricantes de equipos originales son algunas de las dificultades a las que se enfrentan las pequeñas y medianas</p> |

| | | |
|----|---|--|
| | <p>pequeñas y medianas empresas y sus dificultades para adquirir, manejar y transportar núcleos de productos usados y, todo ello, mediante identificando y verificando estos desafíos mediante entrevistas con dichas pequeñas y medianas empresas.</p> | <p>empresas, las cuales se ven obligadas a realizar ingeniería inversa sustancial. Otro desafío es la variación significativa de la calidad de los núcleo, lo que complica la planificación de inventarios y la eficiencia de la refabricación.</p> <p>Por otra parte, la cantidad y el momento de los retornos de los productos son impredecibles, por lo que entorpece la planificación de la producción y la gestión de inventarios.</p> <p>Por último, el manejo y transporte inadecuado de los núcleos que pueden tener daños considerables y aumentar las tasas de desecho.</p> |
| 24 | <p>Gestión de residuos industriales en la industria de la automoción mediante un modelo de ubicación y enrutamiento de vehículos capacitados y técnicas de toma de decisiones multicriterio. Dicho modelo de ubicación y enrutamiento consiste en un modelo de programación entera mixta que se aplica en una empresa del sector automovilístico iraní.</p> | <p>Utilizando una flota de transporte heterogénea se proporciona una recolección de residuos en una forma separada. Se trata de una mejor opción que una flota homogénea, la cual sería responsable de la recolección de residuos en una forma mixta y no clasificada. Se ha investigado que existen diferentes métodos de toma de decisiones multicriterio que tiene sus pro y sus contras, como el BWM que es el mejor método para la ponderación de criterios, mientras que el PROMETHEE es óptimo para la clasificación de las alternativas. Es por ello que se propone un método híbrido BMW-PROMETHEE.</p> |
| 31 | <p>Presentación de modelo de optimización estocástica basado en escenarios para el diseño de una red</p> | <p>Según los resultados del modelo matemático desarrollado, las capacidades de las instalaciones no se utilizan de</p> |

| | | |
|----|--|--|
| | <p>logística inversa de vehículos al final de su vida útil (VFVUs) en Estambul.</p> <p>El modelo tiene como objetivo la mejora de la gestión de la cadena de suministro de VFVUs bajo una situación de incertidumbre, considerando la variabilidad en la cantidad de vehículos retirados del tráfico, costes operativos y precios de venta de materiales reciclados.</p> | <p>manera efectiva, lo cual puede ser debido a tasas de retorno de VFU más bajas, capacidades operativas y ubicaciones mal planificadas y, es por ello, que se debería de revisar la legislación para ejercer mayor presión sobre los diversos actores en el proceso de reciclaje de VFUs en Estambul.</p> <p>También se afirma que los costes de desmantelamiento de los vehículos constituyen la mayor parte de los costes operativos y, por tanto, el coste total puede reducirse eficientemente con mejores en los procesos de desmantelamiento.</p> |
| 34 | <p>Gestión de los riesgos de la cadena de suministro de logística inversa para el reciclaje de vehículos al final de su vida útil (VFVUs), utilizando un enfoque de análisis de riesgo difuso para modelar y gestionar eficientemente los riesgos asociados al reciclaje de los VFVUs.</p> | <p>El artículo afirma que la metodología propuesta para la evaluación del riesgo ha demostrado ser más práctica y confiable que los métodos estadísticos tradicionales, ya que utiliza las percepciones de riesgo de los expertos de manera subjetiva en lugar de objetiva.</p> <p>Se identificaron y clasificaron diversos riesgos interno y externos, incluyendo aquellos derivados de la gestión, tecnología, ambiental y de transporte.</p> |
| 37 | <p>Análisis de la recolección y tratamiento de residuos generados durante la fase de uso de los automóviles en talleres de reparación, proponiendo tres modelos organizativos para la gestión de estos residuos en la ciudad de Madrid, evaluados desde una perspectiva organizativa y operativa.</p> | <p>Se identificaron y clasificaron diferentes tipos de residuos generados durante la fase de uso de los vehículos en talleres de reparación, incluyendo residuos de productos, residuos de procesos y residuos comunes.</p> <p>Se evaluaron tres modelos organizativos alternativos (Modelo A, Modelo B y Modelo AB) en términos de complejidad organizativa y eficiencia operativa, siendo el</p> |

| | | |
|----|--|---|
| | | <p>Modelo AB, que combina elementos de los otros dos modelos, se demostró ser el más eficiente desde el punto de vista operativo</p> |
| 41 | <p>Revisión comparativa de estudios de investigación sobre el diseño de redes de reciclaje de vehículos al final de su vida útil (VFVUs), cuyo objetivo principal es proporcionar una revisión exhaustiva de la investigación entre 2010 y 2019, clasificando 4 estudios revisados por pares que se centran en problemas de diseño de redes, incluyendo la ubicación de instalaciones y problemas de asignación de flujos.</p> | <p>Los estudios revisados se clasifican en función del tipo de cadena de suministro, tipo de red, problema de optimización tipo de instalaciones, técnica de modelado, objetivo único/múltiple, función objetivo, período de tiempo, enfoque de solución y alcance de la implantación.</p> <p>Las técnicas empleadas son varias, destacando las técnicas de programación lineal y no lineal, programación lineal entera mixta y métodos heurísticos como algoritmos genéticos y búsquedas tabú. Los estudios realizados se centran sobre todo en la minimización de costes y la maximización de beneficios, con ciertos estudios también abordando aspectos ambientales sociales.</p> |
| 42 | <p>La gestión de vehículos al final de su vida útil (VFVUs) en la industria de la automoción mediante el uso de la cadena de suministro de la logística inversa y algoritmos de aprendizaje automático.</p> | <p>El estudio propone el uso de la cadena de suministro de logística inversa para gestionar de manera eficiente los residuos generados por los automóviles, centrándose en la reutilización y el reciclaje de materiales como metales, solventes, baterías y plásticos.</p> <p>La falta de interés a la hora de compartir información en la gestión de la logística inversa genera un problema a considerar de la cual se ha tenido poca atención hasta el momento, identificando parámetros de información para mejorar la gestión de residuos del sector de la automoción.</p> |



Se utilizaron redes neuronales artificiales tanto en Matlab como SPSS para analizar los datos recogidos mediante un cuestionario, siendo el desempeño de Matlab mejor que el modelo de SPSS en la predicción.

Como se ha podido ver, la gestión de los vehículos al final de su vida útil es un tema muy recurrente en la empresas del sector de la automoción, ya que gracias a ello pueden conseguir una gran reducción de costes totales que se les presente. Al fin y al cabo, las compañías automovilísticas buscan sobre todo mejorar el aspecto económico y, si se ejecuta de la manera correcta dicha gestión, puede llegar a haber un impacto positivo a nivel ambiental y social.

Un aspecto a destacar en esta dimensión, es la mención de la falta de comunicación o desinterés por compartir información entre los actores de la cadena de suministro, tal y como se menciona, tanto en el artículo 19 (Sundin & Dunbäck, 2013) y 42 (Karunakaran, Ramasamy, Anand, & Santhi, 2023). En el primero se menciona una desinformación por parte de los fabricantes de equipos originales que perjudican a las pequeñas y medianas empresas dedicadas a la gestión de los residuos generados por el sector de la automoción, mientras que en el segundo generaliza en cuanto al problema de la falta de interés de compartir información en la logística inversa.

Por otro lado, en lo referido a la legislación instauradas en cada país es algo recurrente en esta dimensión, como se menciona en el artículo 11 (Kumar & Yamaoka, System dynamics study of the Japanese automotive industry closed loop supply chain, 2007), en cual se comenta que en Japón, en su momento, no existía una regulación de la exportación de vehículos utilizados y es por ello que eficiencia de la cadena de suministro podía ponerse en duda, por lo que se proponía que existiera un impuesto por el que se regulara esta actividad con el fin de incentivar a las empresas a llevar una correcta actividad llegando a favorecer a todos los actores de la cadena de suministro.

4.2.5. Proveedores

Como se ha comentado anteriormente, la logística inversa en el sector de la automoción consta del proceso de gestionar el retorno de productos, componentes y materiales o, incluso,

el propio automóvil desde el consumidor hacia el fabricantes o centros de reciclaje y reutilización. Se trata de un proceso cada vez más importante para la sostenibilidad y eficiencia operativa de las empresas de la automoción, ya que permite recuperar valor de productos usados, reducir residuos y cumplir con las regulaciones ambientales.

En este contexto, los proveedores cuentan con un papel relevante dentro de la cadena de suministro, puesto que son entidades que ofrecen servicios especializados para facilitar el retorno y manejo de los componentes automovilísticos usados. Dichos proveedores pueden ser tanto empresas de logística, como de reciclaje, gestión de residuos o de tecnología que llegan a ofrecer soluciones para el seguimiento, recogida, procesamiento y disposición final de los productos devueltos. Incluso estos proveedores pueden llegar a ofrecer servicios de reparación y reacondicionamiento de piezas y componentes, permitiendo de esta forma su reintegración en la cadena de suministro.

De igual manera es importante destacar que el papel de los proveedores en la logística inversa es de gran relevancia para la creación de una economía circular en el sector de la automoción, además de que al llevar una colaboración estrecha con los fabricantes, concesionarios y talleres, los proveedores ayudan a cerrar el ciclo de vida los vehículos, maximizando su valor residual y minimizando el impacto ambiental.

Por otro lado, en un entorno en donde la sostenibilidad y la eficiencia son cada vez aspectos más valorados, la gestión efectiva de la logística inversa se ha convertido en una ventaja competitiva significativa para las empresas del sector de la automoción.

Por ello, debido a la relevancia que tienen los proveedores y, además, acertar con la decisión de contratar a uno u otro, se ha establecido esta dimensión para ver que se investigaciones se han llevado a cabo acerca de ella. Del total de artículos que se han seleccionado, cuatro de ellos mencionan métodos de selección de proveedores (artículos 6, 22, 23 y 35).

Respecto al artículo 6 (Zarbakhshnia, Soleimani, & Ghaderi, 2018), se comenta que para que las empresas lleguen a lograr una ventaja competitiva y a la vez proporcionar sostenibilidad a lo largo de todo el proceso deben de contar con un buen modelo de logística inversa, aunque debido a su complejidad asociada a su gestión y las operaciones, muchas empresas tienden a subcontratar sus necesidades a proveedores de logística inversa.

Por ello, se propone un modelo de toma de decisiones multicriterio (SWARA y COPRAS) para evaluar y seleccionar a los proveedores considerando diferentes factores de riesgo, teniendo

en cuenta factores de riesgo financiero y operacionales, tal y como se muestra en la Ilustración 14.

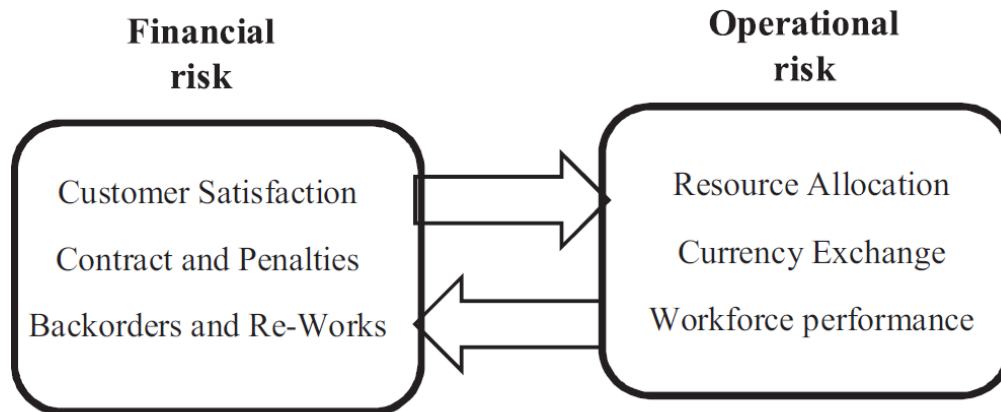


Ilustración 14. Factores de riesgo a la hora de seleccionar proveedores en la logística inversa. Fuente: (Zarbakhshnia, Soleimani, & Ghaderi, 2018)

Como puede observarse, los factores de riesgo asociados al aspecto financiero son la satisfacción del cliente, contrato y sanciones y, por último, pedidos pendientes y repeticiones de tareas. Por otro lado, los factores de riesgo respecto a las operaciones son asignación de recursos, cambio de divisas y rendimiento del personal. Dichos factores se consideran claves en cualquier sector en donde se aplique la logística inversa.

El artículo concluye que aunque haya sido satisfactorio aplicar el método compuesto en la industria de la automoción, sugiere que se aplique en otras industrias para la selección de proveedores, ya que puede proporcionar importantes conocimientos sobre la validez del modelo en otros contextos, además de que se contraste estos resultados con los obtenidos a través de otros modelos.

En cuanto al artículo 22 (Yang, y otros, 2022), se presenta otro método para la selección de proveedores de logística inversa en el reciclaje de baterías de vehículos eléctricos. Como ocurrió con el artículo 6, se utiliza un enfoque de toma de decisiones multicriterio con el método MULTIMOORA bajo el entorno no LPHFS (*linguistic Pythagorean hesitant fuzzy set*) para evaluar y seleccionar el proveedor más adecuado en el mercado chino.

Debido al creciente desarrollo del mercado de vehículos eléctricos en China, los fabricantes de baterías para dichos vehículos se han visto obligados a buscar materias primas en baterías de segunda mano, las cuales suelen depender de la logística inversa de terceros para su clasificación y transporte. Es por ello, que para guiar tanto al gobierno chino como a los fabricantes en la selección de socios adecuados, han desarrollado en este artículo un enfoque

de método de toma de decisiones multicriterio para la selección de proveedores en el sector de la automoción.

Los criterios que se han tenido en cuenta en método tocan 4 aspectos: ambiental (contaminación y estrategia), gestión (coste, nivel técnico y escala de reciclaje), social (impacto micro-social y macro-social) y riesgo (financiero y operacional). Se puede observar que los criterios en este tipo de métodos siempre van enfocados a la sostenibilidad, en cualquiera de sus tres disciplinas (económica, ambiental o social).

Para concluir, el artículo hace mención que no solo este método es aplicable a al mercado de reciclaje de baterías en China. Además aparte de proporcionar una nueva solución para el problema del método de toma de decisiones multicriterio, sino que también investiga la logística inversa de baterías para vehículos eléctricos, proponiendo que se desarrollen otros modelo de determinación de peso subjetivo, como el BWM y el AHP.

En cuanto al artículo 23 (Datta, Samantra, Mahapatra, Mandal, & Majumdar, 2013), el objetivo de la investigación es el mismo que el de los anteriores: desarrollo de un método que ayude en la toma de decisiones acerca de la evaluación y selección de proveedores de logística inversa de terceros.

Como criterios escogidos por parte de la investigación, se encuentran: rendimiento financiero, nivel de servicio, relación con el cliente, gestión, infraestructura, cultura empresarial. Todas ellas engloban los aspectos por los que se rige la sostenibilidad total (económico, ambiental y social)

En la investigación se destaca la importancia de los proveedores de logística subcontratados, ya que ayudan a que las empresas se puedan centrar en su “core business”, ayudando a gestionar el flujo de información y mercancías entrantes y salientes. Además, con la colaboración que ofrecen a las organizaciones, ayudan a que logren un mejor servicio a menor costes con una mayor satisfacción del cliente, por lo que evaluar y seleccionar un proveedor de servicios adecuado parece ser una de las decisiones más importantes que facilitan el éxito de una cadena de suministro.

Por último, el artículo 35 (Zhang & Su, 2020) utiliza otro método de toma de decisiones multicriterio, basándose en las dimensiones que aparecían en los otros artículos (económico, ambiental, social y riesgos). Dentro de estas dimensiones destacan criterios como la calidad, la entrega y servicio, refabricación y reutilización, capacidad de la tecnología verde, nivel de satisfacción del cliente o estabilidad del empleo, entre otros.

En resumen, los artículos expuestos utilizan la misma tipología de modelo para seleccionar el mejor proveedor, basándose en métodos de toma de decisiones multicriterio. Todos ellos pueden resultar útiles, si quienes responden a las cuestiones son persona experimentadas y capacitadas para responder con coherencia a la encuesta que se le presente, además de que las personas que diseñen el método de resolución conozcan a la perfección la funcionalidad del mismo, ya que se trata de un modelo subjetivo y por ello, la interpretación de cada persona puede hacer cambiar el peso de los diferentes criterios y, por tanto la elección final.

4.2.6. Buenas prácticas

La implementación de buenas prácticas en la logística inverse puede llegar a ofrecer diferentes beneficios, entre ellos, permitiendo a las empresas del sector de la automoción recuperar valor de productos usados, reducir residuos y mejorar la eficiencia operativa. Entre las prácticas más comunes que se llevan a cabo, se encuentra la reutilización de piezas, el reciclaje de materiales y refabricación, las cuales que, además de contribuir a la sostenibilidad ambiental, también pueden resultar en significativos ahorros económicos.

Por otra parte, una de las claves para una logística inversa eficiente es el desarrollo de un sistema de gestión de devoluciones que facilite el seguimiento y el control de los productos retornados, lo cual incluye el uso de tecnologías de la Industria 4.0 como el IoT y la IA para una mejora de la trazabilidad y gestión de datos. Hay que añadir, que la colaboración estrecha con proveedores y socios logísticos es fundamental para garantizar que los procesos sean fluidos y efectivos.

Otra práctica que puede contribuir a los éxitos de la logística inversa es la implementación de programas de formación y concienciación para los empleados sobre la importancia de la logística inversa y las técnicas adecuadas para su ejecución, lo cual asegura que todos los involucrados en la cadena de suministro comprendan su papel y contribuyan activamente al éxito del proceso.

En el contexto del sector de la automoción, donde los productos son complejos y de alto valor, la logística inversa no solo se trata de llevar a cabo un eficiente manejo de las devoluciones de productos defectuosos o al final de su vida útil, sino que, además, se debe gestionar de manera correcta el retorno de componentes durante el ciclo de vida del producto, ya sean baterías de vehículos eléctricos o piezas electrónicas.

Por todo ello, se ha decidido establecer una dimensión acerca de buenas prácticas en la logística inversa en el contexto de la automoción, y ver que aparece en la literatura académica. Del total de artículos analizados, dos de ellos mencionan de forma concreta buenas prácticas en ciertos países (artículos 7 y 13).

Respecto al artículo 7 (Nunes & Bennett, 2010), su propósito es centrarse en investigar y establecer una comparación de las iniciativas de operaciones verdes en la industria de la automoción documentadas en los informes ambientales de Toyota, General Motors (GM) y Volkswagen.

Una de las iniciativas que han tomado estas empresas es la certificación de edificios verdes tanto para los lugares de producción como para las instalaciones que no se dedican a la producción. En el caso de Toyota como el de GM, han aprovechado la oportunidad de utilizar “energía verde” para la reducción de la dependencia del petróleo en sus plantas mediante el uso de gas de vertedero, energía eólica y solar, además de reducir las emisiones de CO₂ mediante la sustitución del carbón por combustibles fósiles menos contaminantes.

Por otro lado, las iniciativas en el diseño varían desde materiales ligeros, eficiencia y diversificación del combustible, eliminación o reducción de compuesto orgánicos volátiles y sistemas inteligentes para reducir la congestión del tráfico. En cuanto al diseño para el reciclaje y el desmantelamiento, son los principales enfoques para abordar la escasez de vertederos y la nueva legislación de VFVUs más estricta.

En cuanto al impacto ambiental de la fabricación, las empresas han abordado este tema a través de distintas soluciones basada en la tecnología, como la introducción de la pintura acrílica en los talleres de pintura, además de la conservación de energía y agua, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, la gestión de residuos y el reciclaje.

Respecto a la legislación, en los últimos años se ha vuelto más severa la normativa tanto en Europa como en Japón, lo cual les beneficia a estas grandes empresas, ya que pueden aprovechar estar bajo una regulación más estricta para ser los primeros en moverse y mantenerse por delante de la regulación en otros mercados.

Al manifestarse estos cambios en el área de producción, las empresas poco a poco han incrementado este tipo de prácticas a otras áreas como al rendimiento del producto, las cadenas de suministro, las instalaciones no manufactureras, por lo que están pasando de ser reactivos, a ser proactivos, extendiendo el control sobre otras actividades en la cadena de

suministro y, por lo tanto, llevando sus acciones a un contexto más incierto e intangible de sus negocios.

Por otro lado, el artículo 13 (Richnák & Gubová, 2021) es un documento en el que se analiza el uso de la logística verde e inversa en las condiciones de desarrollo sostenible en empresas de Eslovaquia, llevando a cabo una encuesta a un total de 165 empresas de diferentes sectores del país.

Cabe destacar que el 76,4% de las empresas dedicadas a la producción aplicaban políticas ambientales, de las cuales el 21,2% se dedicaba a la industria del automóvil, siendo el sector de referencia.

En cuanto a las prácticas que promovían, se llevaba a cabo la logística de producción, promoviendo políticas ambientales en el proceso logístico de almacenamiento y depósito. Por otro lado, la mayor barrera en la implementación de elementos de logística ambiental analizada por las empresas es la falta de recursos financieros, aunque la aplicación de prácticas para lograr una logística verde permite a las empresas a mejorar las relaciones cliente-proveedor.

Además, a pesar de los esfuerzos del gobierno, las medidas para minimizar el impacto ambiental y la creciente conciencia pública sobre los problemas ambientales, no son suficientes en las empresas analizadas de Eslovaquia.

Por ello, concluyendo con esta dimensión, los proveedores son unos actores de la cadena de suministro que cada vez tienen más relevancia con la implementación de la logística inversa, ya no solo en el sector de la automoción, sino en otras áreas industriales donde se está cada vez indagando más sobre su utilidad y posibilidades de mejora en la cadena de suministro.

4.2.7. Toma de decisiones

Debido al crecimiento de la implementación de la logística inversa, tanto en el sector de la automoción como en otros sectores industriales, la correcta toma de decisiones se ha vuelto un proceso complejo que implica considerar múltiples factores y criterios, los cuales incluyen la recuperación de valor de componentes y materiales, la reducción de residuos, el cumplimiento de normativas ambientales y la mejora de las relaciones con los clientes y proveedores. Hay que añadir, que, además, el sector de la automoción debe lidiar con la gestión de componentes específicos y altamente contaminantes, como las baterías de vehículos eléctricos, que requieren un tratamiento especializado y seguro.

A la hora de realizar la toma de decisiones hay muchos condicionantes, como:

- El uso de herramientas que faciliten la recopilación y síntesis de datos, ya sea a través de tecnologías de la Industria 4.0, modelos de toma de decisiones multicriterio u otras herramientas.
- El hecho de ya aplicar buenas prácticas hacen que se visualicen de manera más clara los resultados y aspectos que se pueden llegar a mejorar aún más.
- La colaboración y coordinación con socios logísticos y proveedores juegan un papel importante en la implementación exitosa de la logística inversa, facilitando el intercambio de información y recursos, optimizando procesos y reduciendo costes.

Se han identificado diferentes artículos que mencionan la toma de decisiones y el modo en el que lo llevan a cabo. Por ello, en la Tabla 7, se muestran otras dimensiones dentro de la “Toma de decisiones” que hacen referencia a las técnicas utilizadas en los diferentes artículos.

Tabla 7. Tabla comparativa de metodologías utilizadas para la toma de decisiones. Fuente: elaboración propia

| ART | AHP | LÓGICA DIFUSA | OTROS |
|-----|-----|---------------|-------|
| 6 | | | X |
| 10 | X | | X |
| 16 | | | X |
| 22 | | | X |
| 23 | | X | |
| 24 | | | X |
| 27 | | X | |
| 28 | | | X |
| 33 | | | X |
| 36 | X | | |

En la Tabla 7 se puede observar que hay gran disparidad en el uso de herramientas para la toma de decisiones multicriterio, los dos que se han utilizado en más de un estudio de este tipo son las metodologías AHP y la lógica difusa.

Con respecto a la metodología AHP (*Analytic Hierachy Process*), que al español se traduce como proceso de análisis jerárquico, el cual es un proceso de medición realizado a través de comparaciones pareadas basadas en los juicios de expertos para derivar las escalas de prioridad, las cuales ayudan a los investigadores a medir intangibles en términos relativos. Las

comparaciones se realizan utilizando una escala de juicios que representa un elemento que domina a otro con respecto a un atributo en concreto. Dichas comparaciones solo pueden llevarse a cabo de manera subjetiva y, por ello solo pueden realizarse de manera subjetiva, lo cual provoca que la precisión de los resultados dependa del conocimiento o la experiencia del usuario en el área. (Subramoniam R. , Huisingh , Chinnam , & Subramoniam , 2013) El uso de la metodología AHP, se ha llevado a cabo en los artículos 10 y 36.

Por otro lado, otra metodología utilizada es la lógica difusa o *fuzzy logic*, la cual se utiliza en los artículos 23 y 27. Al fin y al cabo, la lógica difusa es una lógica multivalor que permite definir valores intermedios entre los convencionales como verdadero/falso, bajo/alto, bueno/malo, etc. A medida que las complejidades que rodean a un sistema aumentan, hacer una declaración precisa sobre el estado del sistema se vuelve muy difícil, por lo que dicha complejidad, solo puede manejarse mejor aplicando el método de lógica difusa inherente a los seres humanos.

Por otra parte, la columna “OTROS” representa el uso de diferentes métodos para la toma de decisiones, ya sea PSO-PB, LPHS, MULTIMOORA, BWM, DEMATEL y SWARA-COPRAS, los cuales fueron utilizados en diferentes artículos para mejoras en el desempeño de la cadena de suministro, determinar cuántos vehículos van a llegar al final de su vida útil o la selección de proveedores en la logística inversa en el sector de la automoción.

Para concluir, es obvio que existen multitud de métodos para la toma de decisiones multicriterio, los cuales puede aplicarse en diferentes sectores, aparte de la automoción, ya que en base a las opiniones y experiencias de expertos, pueden llegar a ser de gran utilidad, a pesar de las subjetividad que aportan.

4.3. Resultados

En el ámbito de la logística inversa en el sector de la automoción, tras el análisis de los cuarenta y dos artículos seleccionados se han obtenido los siguientes resultados:

La logística inversa surge ante la necesidad de las empresas de recortar los costes de producción, tanto en el ámbito de la automoción como en cualquier otro sector industrial. Gracias a procesos como el reciclaje y reutilización de componentes y/o productos finales que han llegado al final de su vida útil, se garantiza una continuidad de elementos que aún pueden ser aprovechables, proporcionando una holgura en la planificación tanto de la producción, como de la cadena de suministro entera.

En primer lugar, deben de comentarse varios puntos acerca del análisis de la búsqueda, destacando el aumento progresivo que esta habiendo en los últimos años en lo referente a la publicación de artículos acerca de la logística inversa en el sector de la automoción.

Respecto al análisis de VOSviewer, hay que destacar la presencia de países como Alemania, China, India y Estados Unidos, como los países que mayor número de publicaciones han realizado, ya que tienen una base consistente de científicos que les permite desarrollar un gran número de investigaciones.

Por otro lado, destacar la presencia del autor Sarkis como la gran referencia respecto al resto de autores de la temática y cuyo, documento es el más citado de entre todos lo que han llegado a analizarse.

Con respecto a las dimensiones analizadas, el artículo con más citas que fue analizado es el artículo 1 (Sarkis, González Torre, & Adenso Díaz, 2010), cual analiza la influencia que tienen los “stakeholders” sobre las decisiones de una empresa en referencia a la adopción de políticas ambientales como la reducción de fuentes, el eco-diseño y la implementación de sistemas de gestión ambiental, las cuales están ligadas a una buena formación ambiental y una política de empresa comprometida con la sostenibilidad. Por lo que se, se incita a la formación y sobre todo motivación del equipo de trabajo a la hora de llevar a cabo las políticas que se adopten.

Otro aspecto importante a destacar, es el estudio de las barreras que surgen en la implementación de la logística inversa en el sector de la automoción y, además en otros sectores del área industrial. A la hora de la identificación de las barreras existentes en los artículos, podían dividirse en aquellas que se encuentran dentro de la organización, siendo estas mayoría, y otras que se identifican en los actores que rodean a la empresa y que por tanto forman parte de la cadena de suministro.

Con respecto a las barreras internas, cabe destacar la ausencia de sistemas de información y tecnología en la gestión de la logística inversa, lo cual provoca la ineficiencia en diferentes procesos de la cadena de suministro. Otras limitaciones en la implantación de este sistema es la resistencia al cambio que existe por parte de los miembros de las organizaciones, falta de formación, ausencia de compromiso y liderazgo de la alta dirección y, sobre todo, restricciones financieras, ya que supone una inversión inicial muy grande y hay empresas que no tienen la capacidad económica suficiente para hacer frente a ello.

En cuanto a las barreras externas que se han identificado, se concentran en 4 grupos de actores de la cadena de suministro: los clientes, los cuales van a exigir las mejores calidades de sus productos; el gobierno, que puede ralentizar el proceso de implementación ante la falta de políticas y regulaciones que favorezcan este proceso, los actores sociales, que siempre van a enjuiciar las políticas ambientales y sociales que se lleven a cabo y; por último, los proveedores y otros socios de la cadena de suministro, que pueden mostrar reticencia a la implementación de la logística inversa con la falta de apoyo y cooperación.

Por otro lado, otra temática muy recurrente, como podía ser de otro modo, es el rendimiento de la cadena de suministro, la cual es la dimensión que más artículos analizados acumula. Hasta un total de 20 documentos. La temática de estos documentos a la hora de cómo mejorar el desempeño es muy amplia.

A la hora de realizar, muchos de los artículos abogan por el uso de métodos de toma de decisión multicriterio para poder dar con la mejor opción, ya sea desde la selección de proveedores, como la identificación de aspectos estratégicos, mejora en el rendimiento del embalaje, mejora de la atención del cliente, entre otros. Además de la presencia del tema de la legislación, de la cual se comenta que un mayor control favorecería a un aumento de la eficiencia de la logística inversa, ya que se respetarían todos los pasos a dar. A pesar de la gran participación de métodos de toma de decisiones multicriterio, estos nos dejan de ser metodologías subjetivas, ya que están sujetas a la interpretación y experiencia de personas, a pesar de que se trate de expertos en el campo en cuestión y en la toma de decisiones.

Además, aparte del uso de herramientas de índole subjetiva, hay artículos los cuales han investigado acerca de la aplicación de tecnologías de la Industria 4.0, como el Big Data o IoT, para la investigación de las características del mercado de productos refabricados o el efecto indirecto que pueden tener dichas tecnologías más Blockchain, entre otras, en el rendimiento de la cadena de suministro verde en el sector de la automoción y la ayuda que pueden dar a la hora de mejorarla.

Dándole una importancia parecida al rendimiento de la cadena de suministro, se encuentra la gestión de los vehículos al final de su vida útil (VFVUs), cuyo principal objeto de estudio es conocer que cantidad de vehículos deben ser tratados para que implique una reducción de costes en el proceso de fabricación. Para poder llegar a eso, se basaron en encuestas para luego poner en práctica algún método de toma de decisiones multicriterio, tal y como se ha realizado para otras dimensiones anteriormente mencionadas.

Por otro lado, otra preocupación es la colocación óptima de los centros que se encarguen del proceso de desmantelamiento de los VFVUs, lo cual influiría en la eficiencia del traslado de estos vehículos o sus componentes que aún son aprovechables. Aunque otro factor importante que se destaca en la ineficiencia en la gestión de reciclaje y reutilización de estos elementos, es la desinformación existente a lo largo de la cadena de suministro.

Siguiendo el hilo de la dimensión de los “stakeholders”, un grupo verdaderamente importante en la cadena de suministros y por ello también en la logística inversa en el sector de la automoción, son los proveedores. Estos actores de la cadena de suministro han tenido cierto protagonismo, pero sin llegar a ser mayúsculo, en la revisión literaria de la comunidad científica, ya que son el primer y, a veces, el último eslabón en una cadena de suministro de ciclo cerrado, aportando los componentes o productos necesarios para el montaje de los vehículos.

Por ello, los artículos se centran en el desarrollo de modelo de toma de decisiones multicriterio para la obtención del mejor proveedor según la situación de la empresa y el mercado, teniendo en cuenta, además otros escenarios. Entre los criterios que más se destacan en la elección de proveedores, se encuentran: la satisfacción del cliente; aspectos ambientales, como la contaminación y estrategias que se quieren llevar a cabo; la gestión, incluyendo el coste, nivel técnico y la escala de reciclaje; factores sociales y; el riesgo financiero y operacional que se pueden generar.

Hay que añadir, que se les da una gran importancia a estos actores de la cadena de suministro, puesto que permiten a las compañías poder centrarse en su “core business” y, por ello, es clave tomar la mejor decisión en la elección del proveedor o proveedores con los que se quiera contar.

Por otro lado, otra dimensión que se ha pretendido analizar en referencia con los artículos seleccionados son las buenas prácticas realizadas por empresas del sector de la automoción, permitiendo de esta forma contribuir a la sostenibilidad, tanto en el aspecto económico, ambiental o social.

En cuanto a buenas prácticas realizadas, podrían destacarse la certificación de edificios verdes tanto para los centros de producción como para las instalaciones que no se dedican a ello, además de tener iniciativas en el diseño variando desde materiales ligeros, eficiencia y diversificación del combustible o la eliminación o reducción de compuestos orgánicos volátiles. Por otro lado, respecto a la legislación, se ha intensificado la severidad de la normativa tanto en Europa como Japón, beneficiando a las grandes empresas del sector de la



automoci3n, ya que pueden aprovechar la regulaci3n estricta para ser los primeros en aplicar la normativa y mantenerse por delante de la regulaci3n en otros mercados.

Por 3ltimo, una dimensi3n que ha sido mencionada ya pero que debe de tener su importancia en la implantaci3n de la log3stica inversa en el sector de la automoci3n, es la toma de decisiones. Como se ha comentado con anterioridad, es fundamental dar con la opci3n correcta, independientemente del tipo de decisi3n que se trate, ya que puede suponer una ventaja competitiva, la cual acarrear3 beneficios en el futuro.

Se ha pretendido destacar el uso de algunas herramientas de toma de decisiones multicriterio, las cuales han estado presentes en la mayor3a de los art3culos mencionados. Hay que destacar que existe una gran disparidad en el uso de diferentes m3todos, ya que no hay uno que predominara por encima del resto. Hay dos que se repiten en diferentes art3culos que con el AHP y la l3gica difusa, aunque tambi3n aparecen otros como son DEMATEL, MULTIMOORA o BWM. Con esto se deja claro, la gran presencia que tienen estos m3todos subjetivos en la toma de decisiones en procesos referentes a la log3stica inversa en el sector de la automoci3n.

5. Conclusiones

Tras haber mostrado los resultados de la investigación de la literatura académica de los cuarenta y dos artículos seleccionados en referencia a la logística inversa en el sector de la automoción, se han podido sacar ciertas conclusiones de cómo se encuentra la literatura y hacia donde tiende a dirigirse.

En primer lugar, de manera general existe una escasa literatura académica que haga referencia a la logística inversa, debido a que solo 102 documentos en un principio, cifra que puede ser considerada como baja dada la importancia que está adquiriendo la logística inversa en un sector como el de la automoción.

Las investigaciones realizadas en el campo denotan una falta de conocimientos en la práctica de la mejora de la cadena de suministro mediante tecnologías de la Industria 4.0, ya que apenas se hacía referencia a la investigación de estas tecnologías en el ámbito de la logística inversa, lo cual deja un amplio abanico de posibilidades para futuras investigaciones. Además, teniendo en cuenta que nos encontramos en una era en la que estas tecnologías son utilizadas de manera recurrente en diferentes sectores como el financiero.

Por otro lado, se observa una falta de estudio en métodos de selección de proveedores. Tratándose del primer y último eslabón de una cadena de suministro de ciclo cerrado, existen pocos documentos que analicen diferentes maneras de seleccionar de una manera óptima a los proveedores.

Otra problemática que surge es la falta de formación que existe a la hora de la implementación de la logística inversa en el sector de la automoción. Se trata de una práctica relativamente nueva y en las empresas del sector hay ciertas personas que llevan trabajando sin ella mucho antes de que se empezara a implantar y, es por ello que pueden ser reticentes al cambio y actualización de los sistemas de gestión de componentes de vehículos que han llegado al final de su vida útil.

Lo que sí puede afirmarse, es que la literatura en referencia a esta temática tiende a la investigación de métodos de toma de decisiones multicriterio, ya que gracias a ellos se han podido obtener resultados acerca de cómo mejorar el rendimiento de la cadena de suministro, aumentar la eficiencia en la gestión de los VFVUs o la selección de proveedores.

Por otro lado, en el Anexo I se incluye el grado de relación del trabajo desarrollado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), los cuales están marcados por la Agenda 2030 de la ONU.



Respecto al objetivo número 17, las relaciones que tienen que establecer las empresas del sector de la automoción que implementen la logística inversa deben desarrollar y mantener relaciones fructíferas con todos los actores de la cadena de suministro para poder conseguir una gran eficiencia del sistema y que haya un buen canal de información y comunicación.

Por otro lado, los objetivos números 7, 8 y 13 presentan una relación medianamente cerca con la finalidad del trabajo, ya que ciertas prácticas que se han comentado tiene como meta velar por la sostenibilidad ambiental y además de aportar un crecimiento en económico que favorezca a todas las partes implicada, elevando así el nivel de vida.

Por último, los objetivos 9, 11 y 12 son lo que más se identifican con la meta del trabajo, tratando de incentivar la innovación y desarrollo de nuevas técnicas que hagan mejorar el rendimiento de toda la cadena de suministro, mientras se consigue una sostenibilidad, tanto económica, como ambiental y social.

6. Limitaciones del estudio y áreas de investigación futuras

Respecto a las limitaciones que se han podido observar a lo largo del desarrollo del trabajo, se puede destacar como la principal barrera, la escasa literatura existente, ya que en una base de datos de gran envergadura como es *Scopus*, que solo se encuentren 102 documentos publicados hasta el 2023. Esto demuestra que hay un gran margen de investigación en esta área. De esta forma, se conseguiría un impacto en el desarrollo ya no sólo de la logística inversa, sino en la logística en general en cualquier sector del ámbito industrial.

Por lo mismo que se ha comentado la escasa literatura existente en *Scopus*, existen otras bases de datos, como *Web of Science*, que pueden seguir con futuras revisiones de la literatura que contrasten los hallazgos de este estudio para poder comprender de forma más sustantiva la estructura interna del debate académico sobre la logística inversa en el sector de la automoción.

Además, se pueden establecer para futuras líneas de investigación ampliar la búsqueda de métodos de selección de los proveedores, ya que habiendo la gran cantidad de métodos de toma de decisión multicriterio, es un área en el que se puede indagar más y poder nutrirse las empresas y, que desde luego supondría una mejora en la gestión de las cadenas de suministro, incluyendo la fabricación con materiales primas originales y con componentes reciclados de productos que llegaron al final de su vida útil.

Por otro lado, sería interesante ver cómo pueden seguir influyendo las tecnologías de la Industria 4.0 en el sector de la automoción, ya no solo en lo pertinente a la logística inversa, sino a toda la empresa, ya que se trataría de ofrecer datos, lo cual descartaría la parte subjetiva de la cual parten los métodos de toma de decisión multicriterio.

7. Bibliografía

- Kusakcı, A., Ayvaz, B., Cin, E., & Aydın, N. (2019). *Optimization of reverse logistics network of End of Life Vehicles under fuzzy supply: A case study for Istanbul Metropolitan Area*. Journal of Cleaner Production.
- Aït-Kadi, D., Chouinard, M., Marcotte, S., & Riopel, D. (2012). *Sustainable Reverse Logistics Network: Engineering and Management*.
- Boada Ortíz, A. (2003). *El reciclaje, una herramienta no un concepto. Reflexiones hacia la sostenibilidad*.
- Carrasco-Gallego, R., Delgado-Hipólito, J., & Ponce-Cueto, E. (2011). *Reverse logistics in the automotive industry: Organizational models for waste generated in repair shops*. Environmental Science and Engineering (Subseries: Environmental Science).
- Carter, C., & Ellram, L. (1998). *Reverse logistics: a review of the literature and framework for future investigation*.
- da Cruz, M., Goyannes Gusmão Caiado, R., & Silva Santos, R. (2022). *Industrial Packaging Performance Indicator Using a Group Multicriteria Approach: An Automaker Reverse Operations Case*. Logistics.
- Daaboul, J., Le Duigou, J., Penciu, D., & Eynard, B. (2014). *Reverse logistics network design: a holistic life cycle approach*. Journal of Remanufacturing.
- Datta, S., Samantra, C., Mahapatra, S., Mandal, G., & Majumdar, G. (2013). *Appraisalment and selection of third party logistics service providers in fuzzy environment*. Benchmarking.
- de Brito, M. P., Flapper, S. D., & Dekker, R. (2003). *Reverse Logistics - a Review of Case Studies*.
- Delgado-Hipólito, J., Carrasco-Gallego, R., & Ozores-Eizmendi, J. (2010). *Congreso de Ingeniería de Organización*. Obtenido de Sistemas de logística inversa para residuos generados durante la vida del automóvil.
- Díaz Fernández, A., Álvarez Gil, M., & González Torre, P. (2004). *Logística inversa y medio ambiente*.
- Ene, S., & Öztürk, N. (2015). *Network modeling for reverse flows of end-of-life vehicles*. Waste Management.



FECYT. (s.f.). *Base de datos de Scopus*. Obtenido de <https://www.recursoscientificos.fecyt.es/licencias/productos-contratados/scopus#:~:text=Scopus%20es%20una%20base%20de,y%20visualizaci%C3%B3n%20de%20la%20investigaci%C3%B3n>.

Feijoo, G., Arias, A., & Moreira, M. (2022). *APLICACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA ELABORACIÓN DE ARTÍCULOS CIENTÍFICOS DE REVIEW. USO DEL SOFTWARE VOSVIEWER CON LAS REDES BIBLIOMÉTRICAS*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/365593850_Aplicacion_de_la_Inteligencia_Artificial_en_la_Elaboracion_de_Articulos_Cientificos_de_Review_Uso_del_Software_VOSVIEWER_con_las_Redets_Bibliometricas#:~:text=VOSviewer%20es%20un%20software%20gratuito,cons

Ferguson, N., & Browne, J. (2001). *Issues in end-of-life product recovery and reverse logistics*. Production Planning & Control.

Ghadge, A., Mogale, D., Bourlakis, M., Maiyar, L., & Moradlou, H. (2022). *Link between Industry 4.0 and green supply chain management: Evidence from the automotive industry*. Computers and Industrial Engineering.

Gobierno de España. (2023). *¿Qué es la economía circular?*

González Martínez, A. C. (2001). *Costos y beneficios ambientales del reciclaje en México*. Gaceta Ecológica.

González Torre, P., Álvarez, M., Sarkis, J., & Adenso Díaz, B. (2010). *Barriers to the Implementation of Environmentally Oriented Reverse Logistics: Evidence from the Automotive Industry Sector*. British Journal of Management.

Hao, H., Zhang, Q., Wang, Z., & Zhang, J. (2018). *Forecasting the number of end-of-life vehicles using a hybrid model based on grey model and artificial neural network*. Journal of Cleaner Production.

Karagoz, S., Aydin, N., & Simic, V. (2022). *A Novel Stochastic Optimization Model for Reverse Logistics Network Design of End-of-Life Vehicles: A Case Study of Istanbul*. Environmental Modeling & Assessment.

Karunakaran, S., Ramasamy, N., Anand, M., & Santhi, N. (2023). *END-OF-LIFE VEHICLES ASSESSMENT OF THE AUTOMOBILE INDUSTRY USING REVERSE LOGISTICS SUPPLY*



CHAIN AND MACHINE LEARNING ALGORITHMS . Environmental Engineering and Management Journal .

- Kaviani, M., Tavana, M., Kumar, A., Michnik, J., Niknam, R., & Regiani de Campos, E. (2020). *An integrated framework for evaluating the barriers to successful implementation of reverse logistics in the automotive industry*. Journal of Cleaner Production.
- Kumar, S., & Putnam, V. (2008). *Cradle to cradle: Reverse logistics strategies and opportunities across three industry sectors*. International Journal of Production Economics.
- Kumar, S., & Yamaoka, T. (2007). *System dynamics study of the Japanese automotive industry closed loop supply chain*. Journal of Manufacturing Technology Management.
- Lacoba, S. R. (2003). *El sistema de logística inverla en la empresa: análisis y aplicaciones*.
- Lakhmi, N., Sahin, E., & Dallery, Y. (2022). *Modelling the Returnable Transport Items (RTI) Short-Term*. Sustainability (Switzerland).
- Lind, S., Olsson, D., & Sundin, E. (2014). *Exploring inter-organizational relationships in automotive component remanufacturing*. Journal of Remanufacturing.
- Lu, Z., & Bostel, N. (2007). *A facility location model for logistics systems including reverse flows: The case of remanufacturing activities*. Computers & Operations Research.
- Martínez Carreres, A. (2018). *Un sistema multi-agente para mercados de logística*. Universidad Politécnica de Valencia.
- Merkisz-Guranowska, A. (2009). *A comparative study on end-of-life vehicles network design*. Archives of Transport.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2024). *Prevención y gestión de residuos*. Obtenido de <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/vehiculos/donde-se-generan.html>
- Mohebban-Azad, E., Abtahi, A.-R., & Yousefi-Zenouz, R. (2022). *A reliable location-inventory-routing three-echelon supply chain network under disruption risks*. Journal of Modelling in Management.
- Na, B., Sim, M., & Lee, W. (2013). *An Optimal Purchase Decision of Reusable Packaging in the Automotive Industry*. Sustainability (Switzerland).

- Naciones Unidas. (2015). *Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. Obtenido de <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld/publication>
- Nunes, B., & Bennett, D. (2010). *Green operations initiatives in the automotive industry: An environmental reports analysis and benchmarking study*. Benchmarking.
- Oltra Badenes, R., Gil Gómez, H., Bellver López, R., & Asensio Cuesta, S. (2012). *Análisis de requerimientos funcionales para el desarrollo de un ERP adaptado a la gestión de la logística inversa*.
- Olugu, E. U., Wong, K. Y., & Shaharoun, A. M. (2011). *Development of key performance measures for the automobile green supply chain*. Resources, Conservation and Recycling.
- Olugu, E., & Wong, K. (2011). *Fuzzy logic evaluation of reverse logistics performance in the automotive industry*. Scientific Research and Essays.
- Omosa, G., Numfor, S., & Kosacka-Olejnik, M. (2023). *Modeling a Reverse Logistics Supply Chain for End-of-Life Vehicle Recycling Risk Management: A Fuzzy Risk Analysis Approach*. Sustainability (Switzerland).
- Organización Mundial de Ciudades y Plataformas Logísticas. (1999). Obtenido de <https://omcpl.org/logistica-inversa/>
- Quariguasi Frota Neto, J., & Dutordoir, M. (2020). *Mapping the market for remanufacturing: An application of "Big Data" analytics*. International Journal of Production Economics.
- Rabbani, M., Sadati, S., & Farrokhi-Asl, H. (2020). *Incorporating location routing model and decision making techniques in industrial waste management: Application in the automotive industry*. Computers and Industrial Engineering.
- Rajabzadeh, H., Altmann, J., & Rasti-Barzoki, M. (2023). *A game-theoretic approach for pricing in a closed-loop supply chain considering product exchange program and a full-refund return policy: a case study of Iran*. Environmental Science and Pollution Research.
- Ravi, V. (2014). *Reverse Logistics Operations in Automobile Industry: A Case Study Using SAP-LAP Approach*. Global Journal of Flexible Systems Management.
- Ravi, V., & Shankar, R. (2005). *Analysis of interactions among the barriers of reverse logistics*. Technological Forecasting and Social Change.

- Ravi, V., & Shankar, R. (2017). *An ISM-based approach analyzing interactions among variables of reverse logistics in automobile industries*. *Journal of Modelling in Management*.
- Richnák, P., & Gubová, K. (2021). *Green and Reverse Logistics in Conditions of Sustainable Development in Enterprises in Slovakia*. *Sustainability (Switzerland)*.
- Rogers, D., & Tibben-Lembke, R. (2001). *An examination of reverse logistics practices*.
- Sarkis, J., González Torre, P., & Adenso Díaz, B. (2010). *Stakeholder pressure and the adoption of environmental practices: The mediating effect of training*. *Journal of Operations Management*.
- Scopus. (2023). *Retraction Watch*. Obtenido de <https://retractionwatch.com/2023/12/28/elseviers-scopus-deletes-journal-links-following-revelations-of-hijacked-indexed-journals/>
- Scopus. (2024). *Scopus*. Obtenido de <https://www.scopus.com/results/results.uri?sort=plf-f&src=s&st1=%22reverse+logistics%22&st2=%22automotive+industry%22+or+%22a+utomobile+industry%22&sid=39c28d02a09afb0bb19040f38a49d6f4&sot=b&sdt=cl&sl=102&s=%28TITLE-ABS-KEY%28%22reverse+logistics%22%29+AND>
- Seitz, M. A. (2006). *A critical assessment of motives for product recovery: the case of engine remanufacturing*. *Journal of Cleaner Production*.
- Sellitto, M., Bittencourt, S., & Reckziegel, B. (2017). *Evaluating the Implementation of GSCM in Industrial Supply Chains: Two Cases in the Automotive Industry*. *Chemical Engineering Transactions*.
- Shahidzadeh, M., & Shokouhyar, S. (2023). *Toward the closed-loop sustainability development model: a reverse logistics multi-criteria decision-making analysis*. *Environment, Development and Sustainability*.
- Sonar, H., Mukherjee, A., Gunasekaran, A., & Singh, R. (2022). *Sustainable supply chain management of automotive sector in context to the circular economy: A strategic framework*. *Business Strategy and the Environment*.
- Subramoniam, R., Huisingh, D., Chinnam, R., & Subramoniam, S. (2013). *Remanufacturing Decision-Making Framework (RDMF): Research validation using the analytical hierarchical process*. *Journal of Cleaner Production*.

- Subramoniam, R., Huisingsh, D., & Chinnam, R. B. (2009). *Remanufacturing for the automotive aftermarket-strategic factors: literature review and future research needs*. Journal of Cleaner Production.
- Sundin, E., & Dunbäck, O. (2013). *Reverse logistics challenges in remanufacturing of automotive mechatronic devices*. Journal of Remanufacturing.
- Thierry, M., Salomon, M., Nunnen, J., & Wassenhove, L. (1995). *Strategic issues in product recovery management*.
- Tippayawong, K., Niyomyat, N., Sopadang, A., & Ramingwong, S. (2016). *Factors affecting green supply chain operational performance of the Thai auto parts industry*. Sustainability (Switzerland).
- Universidad Europea. (2024). *¿Qué es la logística inversa?* Obtenido de <https://universidadeuropea.com/blog/que-es-logistica-inversa/>
- VOSviewer. (s.f.). Obtenido de <https://app.vosviewer.com/>
- Web of Science. (2024). Obtenido de <https://www.webofscience.com/wos/allldb/summary/a9469f8a-183d-4940-960f-0fb204565772-f529bb0b/relevance/1>
- Web of Science. (s.f.). *Universidad de Las Palmas de Gran Canaria*. Obtenido de Web of Science (WoS): Introducción.
- Yang, C., Wang, Q., Pan, M., Hu, J., Peng, W., Zhang, J., & Zhang, L. (2022). *A linguistic Pythagorean hesitant fuzzy MULTIMOORA method for third-party reverse logistics provider selection of electric vehicle power battery recycling*. Expert Systems with Applications.
- Zarbakshnia, N., Soleimani, H., & Ghaderi, H. (2018). *Sustainable third-party reverse logistics provider evaluation and selection using fuzzy SWARA and developed fuzzy COPRAS in the presence of risk criteria*. Applied Soft Computing.
- Zhang, X., & Su, T. (2020). *The Dominance Degree-Based Heterogeneous Linguistic Decision-Making Technique for Sustainable 3PRLP Selection*. Complexity.
- Zhang, X., Yu, J., Yan, W., Wang, Y., & Subramanian, N. (2023). *A Comprehensive Review of Reverse Logistics*.

8. Anexo

8.1. Anexo I. Relación del trabajo con los objetivos de desarrollo sostenible de la Agenda 2030

| Objetivos de Desarrollo Sostenibles | Alto | Medio | Bajo | No procede |
|---|------|-------|------|------------|
| ODS 1. Fin de la pobreza | | | | x |
| ODS 2. Hambre cero | | | | x |
| ODS 3. Salud y bienestar | | | | x |
| ODS 4. Educación de calidad | | | | x |
| ODS 5. Igualdad de género | | | | x |
| ODS 6. Agua limpia y saneamiento | | | | x |
| ODS 7. Energía asequible y no contaminante | | x | | |
| ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico | | | x | |
| ODS 9. Industria, innovación e infraestructuras | x | | | |
| ODS 10. Reducción de las desigualdades | | | | x |
| ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles | x | | | |
| ODS 12. Producción y consumo responsables | x | | | |
| ODS 13. Acción por el clima | | x | | |
| ODS 14. Vida submarina | | | | x |
| ODS 15. Vida de ecosistemas terrestres | | | | x |
| ODS 16. Paz, justicia e instituciones sólidas | | | | x |
| ODS 17. Alianzas para lograr objetivos | | | x | |