

UNIVERSIDAD EUROPEA DE MADRID
ESCUELA DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA Y DISEÑO
ÀREA INGENIERÍA INDUSTRIAL

MÁSTER EN LOGÍSTICA

TRABAJO FIN DE MÀSTER

**Optimización de Procesos Logísticos
Mediante la Integración de Robótica:
Robótica en la logística inversa**

Autor: Iñigo Lasa Jauregui

Asesor: Maria Victoria Velásquez

JUNIO 2024

RESUMEN

Con el auge que está teniendo en los últimos años el e-commerce y teniendo en cuenta que el mercado es cada vez más exigente con los productos y servicios que compran, las empresas se están dando cuenta de la importancia que tiene cuidar de todo el proceso logístico que llevan a cabo. Con el aumento del comercio en línea, las devoluciones han sido un quebradero de cabeza con los gastos que eso conlleva. Por culpa de ese problema, ha resurgido un concepto que se mantenía hasta ahora en la sombra: logística Inversa. Además, en este proceso toma importancia también otro tema que está cada vez más presente entre nosotros, el desecho de residuos y la “segunda vida” que se le da esos materiales.

Con la nueva revolución industrial que estamos viviendo, para hacer frente al problema y mejorar los procesos de logística inversa, son varias empresas las que han tomado la decisión de implantar un sistema automatizado mediante robots. Con la mejora que está teniendo la IA en los últimos años, tenemos varios robots en el mercado donde nos ayudan a realizar más rápido y con mayor eficacia el trabajo. Tenemos ejemplos como Apple, DHL, Amazon, Porcelanosa, donde con la implementación de estos nuevos compañeros, han visto como ha mejorado todo su sistema logístico.

Palabras clave: inversa, logística, robot, automatización, IA

ABSTRACT

With the boom that e-commerce is having in recent years and considering that the market is increasingly demanding with the products and services they buy, companies are realizing the importance of taking care of the entire logistics process they carry out. With the rise of online commerce, returns have been a headache with the costs involved. Because of this problem, a concept that has been kept in the shadows until now has re-emerged: reverse logistics. In addition, another issue that is becoming more and more important in this process is waste disposal and the “second life” given to these materials.

With the new industrial revolution we are experiencing, several companies have decided to implement an automated system using robots to address the problem and

improve reverse logistics processes. With the advancements in AI in recent years, we now have various robots on the market that help perform tasks faster and more efficiently. Companies like Apple, DHL, Amazon, and Porcelanosa have seen improvements in their entire logistics systems with the implementation of these new robotic companions.

Key words: reverse, logistics, robot, automation, AI,

INDICE

RESUMEN	2
ABSTRACT.....	2
1. INTRODUCCION.....	6
1.1. Objetivo general:	10
1.2. Objetivos específicos:.....	10
2. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	11
2.1. Sobrante de inventario	12
2.1.2. Ayuda de los avances tecnológicos.....	15
2.2. Devolución de compras a proveedores.....	16
2.2.1. Automatización en la gestión de devoluciones	17
2.3. Contaminación por E-commerce	18
2.3.1. Sistemas automatizados.....	22
3. LOGISTICA INVERSA	23
3.1. Que es la logística inversa	23
3.2. De la economía lineal a la economía circular	24
3.2.1. Principios sobre los que se sustenta la economía circular	26
3.3. la creación de la logística inversa.....	27
3.4. Estructura logística inversa.....	30
3.5. Logística inversa vs logística verde.....	32
4. INTEGRACION DE ROBOTICA EN PROCESOS LOGISTICOS.....	34
4.1. inteligencia artificial	36
4.2. internet de las cosas	38
4.3. Empresas fabricantes de robots más importantes del mundo	41
5. EJEMPLOS PRACTICOS DEL MERCADO	43
5.1. APPLE, Inc.....	44
5.2. DHL.....	45
5.3. AMAZON	47
5.4. PORCELANOSA.....	49
6. CONCLUSIONES	50
7. BIBLIOGRAFIA	54

INDICE DE FIGURAS

Imagen 1: Comercio electrónico 2. Trimestre 2023	20
Imagen 2: Sistema lineal	25
Imagen 3: Sistema circular	26
Imagen 4: logística tradicional	30
Imagen 5: Logística inversa.....	30

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Antecedentes del estudio	11
Tabla 2: Resumen logística inversa vs verde	33
Tabla 2: Resumen de las revoluciones industriales	35
Tabla 3: Empresas fabricantes robots.....	41

1. INTRODUCCION

La robótica se está convirtiendo cada vez más en una realidad presente en nuestras vidas, transformando la manera en que interactuamos con nuestro entorno y en algunos casos, entre nosotros mismos. Ha experimentado un crecimiento significativo como disciplina en los últimos años, y la formación del ingeniero, ya sea en áreas de automatización, mecánica, informática o de manera generalizada, ha evolucionado para adaptarse a este cambio. Desde finales de los años ochenta, la inclusión de la robótica como componente integral en los programas de estudio no ha pasado desapercibida (Iván Valverde-Castro, 2020)

A medida que la tecnología avanza, los robots están adquiriendo nuevas capacidades, especialmente en lo que respecta a la percepción de su entorno. Esta percepción se está volviendo cada vez más potente y sofisticada, lo que permite a los robots explorar nuevas posibilidades y realizar tareas más complejas de manera eficiente.

El origen del término "robot" se remonta a la palabra checoslovaca "Robota", que significa trabajo forzado. Esta palabra fue acuñada por el escritor checo Karel Čapek en su obra "R.U.R." en 1920. En esta obra, la trama se centra en máquinas similares al ser humano, capaces de llevar a cabo trabajos difíciles y peligrosos, y que eventualmente terminan por dominar a la humanidad (C. Francisco, 2002)

En el panorama actual de la gestión empresarial, la eficiencia en los procesos logísticos desempeña un papel fundamental en la competitividad y sostenibilidad de las organizaciones. La logística inversa, que aborda el flujo de productos desde el consumidor hasta la vuelta al fabricante o distribuidor, emerge como un área crucial para la optimización de procesos. En este contexto, la integración de tecnologías robóticas se presenta como una solución innovadora con el potencial de revolucionar la logística inversa y mejorar significativamente su eficiencia.

La logística inversa presenta una serie de complejidades únicas en comparación con la logística tradicional, incluida la gestión de devoluciones, reparaciones, reacondicionamiento de productos y disposición adecuada de materiales. La introducción de robots en este proceso puede ofrecer una serie de ventajas potenciales, desde una mayor velocidad y precisión hasta una reducción de costos y una mejor gestión de inventario. Sin embargo, también plantea desafíos significativos, como la integración con sistemas existentes, la capacitación de personal y la gestión de riesgos.

Con la subida que ha tenido, por ejemplo, el comercio por internet (ecommerce), Las ventas por Internet registran una tasa de devolución de productos de hasta el 20%. En períodos como el Black Friday o las fechas navideñas, esta cifra puede alcanzar el 50%. En el sector de la moda, por ejemplo, se devuelven alrededor del 30% de las prendas. Como resultado, el proceso logístico de una devolución puede volverse muy prolongado, lo que provoca que los costos se lleguen a triplicar. En el último año, el número de clientes que han devuelto un producto ha crecido en un 24 %. El coste de la logística de este tipo puede suponer hasta el 4 % de la facturación total. Las corporaciones deben reclasificar y afinar para minimizar las pérdidas (Moldstock, 2023).

Debido a esto, son varias las empresas que se preguntan si es posible agilizar este proceso y además ahorrar en costes. Junto a este problema, surge la posibilidad de si con la utilización de robots o sistemas automatizados solucionarían el problema. Uno de los objetivos será ver cómo y por qué han implantado las empresas que son líderes mundiales en su mercado estos sistemas.

El presente Trabajo de Fin de Máster (TFM) se centra en explorar y analizar los beneficios, desafíos y oportunidades asociados con la integración de la robótica en la logística inversa con el objetivo de optimizar los procesos logísticos. En un entorno empresarial cada vez más competitivo y globalizado, donde la eficiencia operativa y la satisfacción del cliente son imperativos clave, la capacidad de gestionar de manera efectiva la logística inversa se ha vuelto esencial. Se examinarán casos de estudio, investigaciones previas y tendencias actuales en el campo para proporcionar una visión completa de este tema emergente y su impacto en la gestión logística moderna

A través de este estudio, se pretende contribuir al cuerpo de conocimientos existente en el área de la logística inversa y la robótica, proporcionando información valiosa para profesionales, investigadores y empresas interesadas en mejorar sus operaciones logísticas mediante la integración de tecnologías robóticas avanzadas en sus procesos de logística inversa. Al hacerlo, se busca avanzar hacia un futuro de cadenas de suministro más eficientes, sostenibles y centradas en el cliente.

Este trabajo se llevará a cabo a través de una investigación documental, que es esencial para obtener una comprensión profunda de los conceptos y prácticas actuales en la integración de la robótica en la logística inversa. La metodología se centrará en varios pasos clave que aseguran un análisis exhaustivo y riguroso del tema.

El primer paso en la investigación será una revisión sistemática de la literatura existente relacionada con la robótica y su aplicación en la logística inversa. Se seleccionarán fuentes académicas, artículos de revistas especializadas, informes técnicos y libros relevantes, asegurando que las referencias sean recientes y de alta calidad. Esta revisión permitirá identificar tendencias actuales, avances tecnológicos, desafíos y oportunidades en la implementación de soluciones robóticas dentro del contexto de la logística inversa.

Como parte fundamental de la metodología, se llevará a cabo un análisis detallado de varios casos de estudio de empresas que han implementado robótica en sus procesos logísticos, con un enfoque particular en la logística inversa. Se seleccionarán compañías líderes en la adopción de tecnología avanzada en logística, como DHL, Amazon, Apple y Porcelanosa, entre otras. Estos casos de estudio serán analizados para extraer lecciones sobre las mejores prácticas, beneficios obtenidos, desafíos enfrentados y cómo han resuelto problemas específicos relacionados con la logística inversa y la sostenibilidad.

La metodología utilizada permitirá no solo una comprensión teórica y práctica de la integración de la robótica en la logística inversa, sino también una evaluación crítica de cómo estas tecnologías pueden ser aplicadas de manera efectiva para optimizar procesos logísticos y contribuir a la sostenibilidad empresarial.

Sin embargo, se deben tener en cuenta ciertas limitaciones, como la disponibilidad de datos y la representatividad de los casos de estudio seleccionados. Además, la implementación de soluciones robóticas puede variar según el contexto organizativo y las condiciones del mercado, lo que podría influir en la generalización de los resultados.

El primer aspecto que se abordará en este Trabajo de Fin de Máster (TFM) es una comprensión exhaustiva de la logística inversa y su evolución a lo largo del tiempo. Desde sus primeras manifestaciones hasta su actual importancia estratégica. Examinaremos cómo ha evolucionado este campo y cómo ha impactado en la gestión de la cadena de suministro y en las prácticas comerciales en general.

En segundo lugar, se verá como en la era actual de la Cuarta Revolución Industrial, marcada por la importancia de tecnologías digitales, físicas y biológicas, la robótica emerge como un componente central para mejorar la eficiencia y la innovación en diversos sectores, incluida la logística. Se analizará la importancia de la robótica en este contexto y cómo está transformando los procesos logísticos, especialmente en el ámbito de la logística inversa.

Por último, se examinarán casos de empresas que han implementado soluciones robóticas en sus operaciones de logística inversa. Mediante un análisis exhaustivo de estas experiencias, se analizarán los aspectos positivos, las dificultades y las lecciones aprendidas derivadas de la adopción de la robótica, brindando una visión práctica de su implementación y su impacto en la gestión de la cadena de suministro.

Son 4 los motivos por el que me he decantado a desarrollar mi trabajo sobre este tema. Ofrece una combinación única de relevancia actual, importancia estratégica, necesidad de investigación y potencial de contribución, lo que lo convierte en una opción atractiva y valiosa para un proyecto académico.

- **Relevancia actual:** La incorporación de la robótica en las operaciones logísticas es un tema de gran importancia tanto en el mundo empresarial como en el ámbito académico en estos tiempos. El uso de robots en la logística inversa, específicamente para gestionar devoluciones de manera eficaz y manejar el exceso de inventario, está atrayendo cada

vez más atención. Este interés se debe a los avances tecnológicos y a la urgencia de optimizar los procedimientos comerciales.

- **Importancia dentro de la empresa:** La eficacia en la gestión de la logística inversa es crucial para las empresas, dado que influye de manera directa en la satisfacción del cliente, los gastos operativos y el respeto al medio ambiente. La incorporación de tecnología robótica en estos procesos puede generar mejoras notables en velocidad, exactitud y eficiencia en los costos, aspectos que inciden directamente en la competitividad de la empresa.

- **Falta de investigación:** Aunque la tecnología robótica ha avanzado significativamente, todavía existen aspectos específicos en los que su aplicación en la logística inversa demanda más investigación y desarrollo.

- **Contribución:** La investigación sobre la integración de la robótica en la logística inversa no solo amplía el conocimiento teórico, sino que también ofrece soluciones prácticas que pueden ser implementadas por las empresas para mejorar sus procesos. Esto brinda la oportunidad de realizar un trabajo aplicado que tenga un impacto real en el mundo empresarial.

1.1. Objetivo general:

Evaluar cómo la integración de la robótica en los procesos logísticos puede optimizar la gestión de la logística inversa, enfocándose en la reducción de sobrantes de inventario, la mejora en la gestión de devoluciones, y la minimización del impacto ambiental del comercio electrónico, apoyando la transición hacia una economía circular.

1.2. Objetivos específicos:

- Analizar los desafíos actuales en la gestión de sobrantes de inventario y devoluciones de compras a proveedores, y cómo los avances tecnológicos pueden ofrecer soluciones efectivas a estos problemas.
- Investigar el impacto de la automatización en la gestión de devoluciones y su contribución a la reducción de la contaminación generada por el comercio electrónico, mediante la implementación de sistemas automatizados.

- Explorar el concepto de logística inversa, su estructura y cómo se diferencia de la logística verde, destacando su rol en la transición de una economía lineal a una economía circular.
- Evaluar las tecnologías emergentes como la inteligencia artificial y el Internet de las Cosas (IoT) y su aplicación en la optimización de los procesos logísticos, particularmente en la logística inversa.
- Estudiar casos prácticos de empresas líderes como Apple, DHL, Amazon y Porcelanosa, para identificar buenas prácticas en la integración de la robótica y otros avances tecnológicos en sus procesos logísticos inversos.
- Proponer recomendaciones para la implementación efectiva de soluciones robóticas en la logística inversa, basadas en los análisis y ejemplos estudiados, para optimizar la gestión de inventarios y devoluciones.

2. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Tabla 1: Antecedentes del estudio

Área de Estudio	Descripción	Tecnología Involucrada	Beneficios Esperados
Gestión de Devoluciones	Análisis de cómo los robots y sistemas automatizados pueden optimizar la clasificación y procesamiento de productos devueltos.	IA, Robots autónomos, Sistemas de Clasificación Automatizados	Mejora de la eficiencia, reducción de tiempos y costos, mayor precisión en la clasificación.
Reducción del Sobrante de Inventario	Evaluación de cómo la robótica puede ayudar a gestionar y minimizar el exceso de inventario.	Sensores Inteligentes, Sistemas de Gestión de Inventarios Automatizados	Reducción de desperdicios, mejor utilización del espacio de almacenamiento, previsión precisa de la demanda.
Automatización del Embalaje y Etiquetado	Estudio de la implementación de robots en el embalaje y etiquetado de productos para	Robots de Embalaje, Sistemas Automatizados de Etiquetado	Aceleración del proceso de embalaje, reducción de residuos, mejora en la trazabilidad.

	reducir residuos y mejorar la eficiencia.		
Integración de la Economía Circular	Investigación sobre cómo la automatización puede reducir la huella de carbono y residuos generados por el comercio electrónico.	Robots de Gestión de Residuos, Sistemas de Reciclaje Automatizados	Disminución de la contaminación, manejo sostenible de residuos, mejora de la sostenibilidad.

Cuando se habla de logística inversa, hasta ahora no estaba claro cuáles eran sus funciones y cuáles serían los beneficios que tendría llevar a cabo una correcta función de este proceso. A la hora de analizar durante años, las empresas se han ido dando cuenta que la logística inversa es el principal responsable de solucionar problemas que sufren la mayoría de ellos.

Después de darse cuenta de la importancia, y aprovechando el auge que está teniendo la robótica, las empresas están planteándose instalar los sistemas automatizados para mejorar el proceso. Por ejemplo, en Estados Unidos en el año 2023 apostaron fuerte por la robótica. Han invertido mucho en una mayor automatización y las instalaciones totales de robots industriales aumentaron un 12% y alcanzaron 44.303 unidades (Rodrigo Isabel, 2024). En España también, las ventas de robots industriales se dispararon un 48% y la robótica de servicio creció un 17% (AEC, 2024).

A pesar de que varias empresas ya empiecen a instalar estas mejoras en sus procesos logísticos inversos, son muchos los que todavía no confían en la eficacia que tienen estos robots. Para poder comprobar como ayudarían los sistemas automatizados, en este estudio se han analizado 3 problemas principales con los que se encuentran en las empresas: el sobrante de inventario, devolución de compras a proveedor y la contaminación por e-commerce.

2.1. Sobrante de inventario

El término "sobrante de inventario", también denominado como "exceso de inventario", se emplea para describir la cantidad de productos que una compañía almacena y que supera la demanda anticipada o proyectada. Este fenómeno puede ser

consecuencia de diversas causas, como fluctuaciones en la demanda del mercado, errores en la planificación de la producción o adquisiciones excesivas.

El inventario sobrante puede representar un problema para las empresas, ya que conlleva costos asociados, como costos de almacenamiento, deterioro de productos, obsolescencia y oportunidad perdida de inversión en otros activos.

Si una empresa luego de un conteo físico resulta con un sobrante de inventarios importante, tiene un gran problema. Veamos qué dice la norma al respecto.

El artículo 757 del Estatuto Tributario manifiesta que: “cuando se constate que los inventarios son superiores a los contabilizados o registrados, podrá presumirse que tales diferencias representan ventas gravadas omitidas en el año anterior” (Actualícese, 2023)

Un nivel de inventario rentable y eficaz se calcula utilizando las siguientes métricas:

- **Ciclo de reposición**: El número de días entre la colocación del pedido actual y la próxima entrega. Este indicador incluye el tiempo necesario para completar, procesar y entregar el pedido.
- **Ventas promedio**
- **Cantidad mínima de pedido**: Esto incluye el embalaje, ya que algunos artículos se suministran por artículo y otros se venden en cajas o paquetes (Makarchuk Mary, 2022)

2.1.1. Enfrentar el problema

Para solucionar el problema de sobrante de inventario, la logística inversa con la ayuda la robótica ofrece varios pasos que se pueden hacer para bajar el impacto de este problema:

1.Análisis de datos: Es una herramienta poderosa para identificar patrones de devolución de productos y prever la cantidad de inventario sobrante que se puede esperar. Esta información permite a las empresas planificar de manera más efectiva sus operaciones. Al analizar históricos de devoluciones y otros datos relevantes, como

tendencias estacionales o cambios en la demanda, las empresas pueden anticipar y gestionar mejor los niveles de inventario.

En este proceso, una de las herramientas actuales que más pueden ayudar es la inteligencia artificial. Mas adelante se explica más detenidamente el uso de esta tecnología, pero por ejemplo existen varias IAs que nos facilitaran el análisis de datos. Por ejemplo, “Julio ai”. es una herramienta de análisis de datos inteligente que interpreta, analiza y visualiza datos complejos de una manera intuitiva y fácil de usar. Su poder reside en su capacidad para hacer que el análisis de datos sea accesible y procesable, incluso para aquellos que no son científicos de datos ni estadísticos. Otro de los más conocidos es el “Microsoft Power BI”, que es una plataforma de inteligencia empresarial muy útil que permite a los usuarios clasificar sus datos y visualizarlos para obtener información. La plataforma permite a los usuarios importar datos de casi cualquier fuente y pueden comenzar a crear informes y tableros de inmediato (MacFarland. Alex, 2024)

2. Canalización de productos devueltos: En lugar de abordar los productos devueltos y el inventario sobrante como problemas separados, es beneficioso canalizar los productos devueltos hacia el inventario sobrante. Esta estrategia permite maximizar el valor de los productos al reintroducirlos en la cadena de suministro en lugar de descartarlos o venderlos a precios reducidos. Al integrar los productos devueltos en el inventario sobrante, se reduce la necesidad de gestionarlos como activos separados, lo que a su vez disminuye los costos asociados con su almacenamiento y manejo. Además, esta práctica puede generar nuevas oportunidades de venta al ofrecer productos a precios competitivos.

3. Optimizar procesos: Buscar maneras de optimizar los procesos para gestionar tanto la logística inversa como el inventario sobrante de manera eficiente. Esto podría incluir la consolidación de envíos, la optimización de rutas de transporte y el uso de tecnología para mejorar la visibilidad y el seguimiento de los productos.

Una de las maneras más eficientes de optimizar los procesos, es la instalación de robots para la gestión del almacén. En comparación con la manipulación manual tradicional que implica empujar carretillas y operar equipos, los robots para almacenes

ofrecen una preparación de pedidos más inteligente y autónoma. Esto conlleva una serie de beneficios significativos para la eficiencia operativa y la precisión de las operaciones. Al liberar a los trabajadores de estas tareas rutinarias, pueden enfocarse en actividades más especializadas y de mayor valor agregado, lo que mejora la satisfacción laboral y la calidad del trabajo (TOMECE, 2023)

4. Reacondicionamiento y reventa: Hay que considerar la posibilidad de reacondicionar los productos devueltos o el inventario sobrante para su reventa. De este modo podríamos recuperar parte del valor de los productos y además reducir la cantidad de inventario sobrante.

Hay varias maneras de vender esos artículos y obtener ganancias: ofrecer descuentos, ventas de liquidación, promocionar marca donando el excedente de inventario, mercados en línea, excedentes como regalo... (Makarchuk Mary, 2022)

5. Colaborar con socios: Tener relación con los socios que participan en la cadena de suministro, nos puede ayudar a compartir información y gestionar mejor el sobrante de inventario.

2.1.2. Ayuda de los avances tecnológicos

Últimamente se puede ver como la robótica puede ser utilizada para mejorar la gestión de los sobrantes de inventario, optimizando procesos y reduciendo costos. Se presentan diversas soluciones robóticas aplicables a diferentes aspectos de la gestión de inventarios, aquí se puede ver un ejemplo:

Inteligencia artificial: La inteligencia artificial puede mejorar significativamente la precisión de los pronósticos de demanda, evitando así las roturas de stock y reduciendo costos. Además, es una valiosa aliada en la preparación y optimización de otras operaciones dentro de la cadena de suministro.

La precisión que aporta la IA a la resolución de tareas permite llevarlas a cabo con menos errores. La IA puede procesar grandes cantidades de información en poco tiempo y, además, extraer conclusiones y sugerencias de optimización.

Robots autónomos: Una de las principales ventajas es la disminución de tareas repetitivas y monótonas que suelen realizar los empleados. Los robots pueden asumir

estas tareas, lo que no solo acelera la preparación de pedidos o la recogida de productos devueltos, sino que también reduce el riesgo de lesiones y fatiga entre los trabajadores.

Según el informe anual de Material Handling Industry (MHI), el 74% de los líderes de la cadena de suministro está aumentando la inversión en tecnología y el 90% espera destinar más de un millón de dólares a ella durante el próximo año (Mecalux, 2024)

2.2. Devolución de compras a proveedores

El proceso de devolución al proveedor es una parte importante de la logística inversa que implica devolver productos no deseados, defectuosos o excedentes al proveedor original.

La devolución a proveedor es una operación de salida de stock en la que los productos que consten en la transacción serán dados de baja de la cantidad de stock disponible (Nextar, 2018)

El primer paso es identificar y clasificar el motivo de la devolución. Puede deberse a varios factores, como productos dañados, incorrectos, excedentes de inventario, devoluciones de clientes o productos obsoletos. Para eso es importante revisar los detalles de un acuerdo de devolución del proveedor.

Lo más habitual para organizar la logística inversa suele ser la siguiente (Cabello, 2019):

- **Definir en el almacén donde vamos a ubicar el material a devolver para cada proveedor:** Se designan áreas específicas dentro del almacén para ubicar el material que se devolverá a cada proveedor, organizando el espacio según los motivos de devolución. Por ejemplo, se pueden tener secciones separadas para material defectuoso, excedente, caducado, entre otros, asignando a cada proveedor su respectiva ubicación en función del tipo de devolución.

- **Determinación de la periodicidad de las devoluciones:** Se establece la frecuencia con la que se llevarán a cabo las devoluciones a cada proveedor. Esto puede basarse en diferentes criterios, como el llenado de la ubicación de devolución, un calendario mensual o la necesidad del negocio. Por ejemplo, las devoluciones pueden

realizarse cuando la ubicación asignada a un proveedor está llena o cuando se acumula una cantidad significativa de productos para devolver.

- **Elaboración de propuestas de devolución:** Se genera un documento que detalla los productos que se devolverán a cada proveedor, incluyendo información relevante como la cantidad, descripción, motivo de la devolución y en su caso, el precio acordado para el retorno del material. Esta propuesta de devolución se envía al proveedor para su aprobación.

- **Generación del albarán de devolución:** Una vez que el proveedor acepta la propuesta de devolución, se procede a generar un albarán de devolución que sirve como documento oficial para el proceso de devolución. Este albarán incluye detalles como la fecha, los productos devueltos, las cantidades y cualquier otra información pertinente.

- **Recepción del reembolso:** Una vez completada la devolución, se integra en el proceso de facturación para recibir el reembolso correspondiente por parte del proveedor. Esto implica la inclusión del importe de las devoluciones en la facturación y la recepción del pago por parte del negocio.

Es esencial organizar correctamente nuestro almacén para ubicar el material a devolver a nuestros proveedores. Un buen ERP facilita la organización y permite gestionar la devolución de material de forma sencilla.

2.2.1. Automatización en la gestión de devoluciones

La automatización en la gestión de devoluciones se basa en la integración de tecnologías avanzadas, como software especializado, robots, sensores e inteligencia artificial. Estas herramientas permiten realizar de manera automática o semiautomática todas las actividades relacionadas con las devoluciones, desde la recepción y clasificación de los productos hasta su procesamiento y reintegración en el inventario o su correcta disposición.

Este enfoque innovador no solo agiliza el proceso, reduciendo significativamente el tiempo requerido para gestionar devoluciones, sino que también asegura una mayor eficiencia y precisión en cada etapa del procedimiento. Al eliminar gran parte del trabajo manual, se minimizan los errores humanos y se optimiza el uso de recursos, lo que se traduce en una mejor experiencia tanto para el cliente como para la empresa. Además,

la automatización proporciona datos en tiempo real que pueden ser analizados para mejorar continuamente el proceso, identificar patrones y tomar decisiones estratégicas más informadas. En resumen, la automatización en la gestión de devoluciones representa un avance significativo hacia operaciones logísticas más rápidas, precisas y eficientes (Llegó, 2023).

Como ejemplo práctico se puede ver el ejemplo de Vitronic. Analizaron la importante mejoría de coste y de tiempo que se ahorrarían las empresas con la automatización de las devoluciones. Para este estudio utilizaron el registro automático de STATIC SMALLS. Adquirir una camisa en cinco colores y tres tallas diferentes para probarla genera un costo significativo con cada devolución, lo que presenta desafíos para los distribuidores. Por esta razón, es crucial contar con soluciones automatizadas que no solo registren la información postal, sino también el motivo de la devolución (Vitronic, 2024). Para poder calcular el ahorro anual, aceptaron 2.000 devoluciones al día y 35 euros/hora y compararon el registro manual con el automático con STATIC SMALLS.

Mediante este registro automático, lograron acelerar y optimizar cada uno de los pasos: aceptación de devoluciones hasta cuatro veces más rápida y lectura ultrarrápida de la etiqueta de dirección. Los sistemas incluso identificaron motivos de devolución manuscritos: información valiosa para optimizar surtidos.

Como resultado, vieron que tiempos de procesamiento más cortos, mayor productividad. > 400% mejor eficiencia respecto al proceso manual. Calcularon que esto supone un 80.000€/año de ahorro potencial (Vitronic, 2024)

2.3. Contaminación por E-commerce

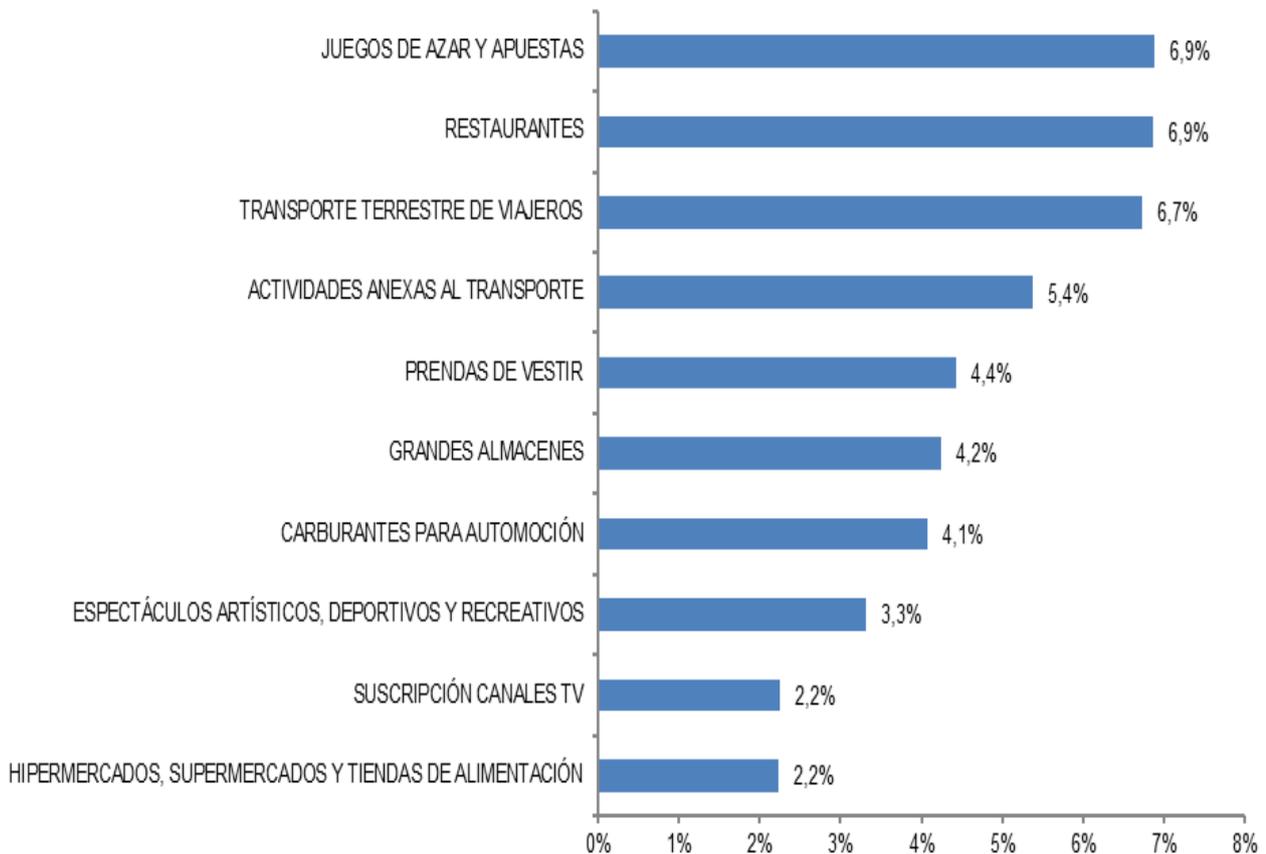
En las últimas décadas, el auge del comercio electrónico ha transformado radicalmente la forma en que compramos y vendemos productos. Sin embargo, detrás de la comodidad y la accesibilidad que ofrece el comercio en línea, se esconde un problema creciente y preocupante: la contaminación ambiental. La expansión descontrolada del comercio electrónico ha traído consigo una serie de impactos negativos en el medio ambiente, que van desde el exceso de embalajes hasta las emisiones de carbono asociadas con el transporte de mercancías.

Lo que hace diez años parecía estar fuera del alcance de muchos, hoy en día se ha convertido en una práctica común: el comercio electrónico se ha establecido como un pilar fundamental en nuestra sociedad. Comprar cualquier artículo en cuestión de minutos es ahora una realidad cotidiana. Esta afirmación se respalda con datos concretos. Según un estudio realizado por SEUR y DPD Group, en el año 2021, el 15,5% de todas las compras en Europa se realizaron a través de internet. España no es una excepción y sigue esta misma tendencia, reflejando el crecimiento continuo y la popularidad del comercio electrónico en todo el continente.

En los últimos años hemos observado un cambio significativo en la forma en que realizamos compras en línea, así como en el tipo de productos que adquirimos. Según un informe del Centro Español de Logística (CEL) en 2019, solo el 30% de las ventas por internet en España implicaban la entrega física de productos. En ese momento, la mayor parte del volumen de ventas se centraba en la compra de servicios como viajes, entradas, entre otros. Sin embargo, en la actualidad, aproximadamente el 50% de los pedidos realizados en línea llegan directamente a la puerta del hogar. Este cambio refleja una evolución significativa en los hábitos de compra de los consumidores españoles, quienes ahora confían más en el comercio electrónico para adquirir una amplia variedad de productos, desde artículos cotidianos hasta productos de mayor valor, todo ello con la comodidad de recibirlos en la puerta de su hogar (ElConfidencial et al., 2022)

El comercio electrónico superó en España los 20 mil millones de euros en el segundo trimestre de 2023, un 12,7 % más que el año anterior (CNMC, 2023)

Imagen 1: Comercio electrónico 2. Trimestre 2023



(CNMC, 2023)

Para las empresas que se dedican a la venta en línea, la logística inversa se ha vuelto un proceso esencial de implementación. Para los clientes, las devoluciones se han convertido en una experiencia fundamental en el mundo del comercio electrónico. A pesar de los costos asociados con la logística inversa, resulta crucial establecer un control adecuado, procedimientos eficientes y metodologías innovadoras que mejoren la experiencia del consumidor. De lo contrario, una mala experiencia con este proceso puede llevar a que los consumidores eviten volver a comprar en el negocio. Por otro lado, un proceso de logística inversa bien planificado, ágil, práctico y gratuito puede convertirse en un factor clave para la fidelización hacia la marca.

Como ya se ha comentado, la subida del e-commerce viene a raíz de haber sufrido una de las pandemias más importantes que se recuerda. A consecuencia de las restricciones impuestas por el gobierno, comenzó a producirse el cierre de comercios, oficinas, lugares de trabajo, instituciones educativas y deportivas... llevando a los

consumidores a adoptar nuevas formas de compra y venta, siendo protagonista el comercio electrónico. Según el CIS (Centro de Investigaciones Sociológicas), en España el 23% de los españoles aumentó el uso de comercio electrónico durante la pandemia y un 1% utilizaron esta herramienta por primera vez (Navarro et al., 2022)

Es importante tener en cuenta que el proceso de logística inversa no desaparecerá, pero ofrecer opciones, experiencias y control sobre la compra al consumidor puede transformar completamente su percepción. Invertir en procesos de devolución sencillos, fluidos y gratuitos, así como realizar un seguimiento de las novedades que puedan surgir dentro del flujo de operaciones, mantener una política de devoluciones clara y visible, potenciar la omnicanalidad a través de diversos medios, ofrecer recursos tecnológicos que mejoren las experiencias del mundo offline al mundo online y ser transparentes y detallados en la descripción de los productos vendidos en línea, son acciones que pueden reducir las devoluciones y minimizar los procesos innecesarios en la logística inversa (Andrés & Lesmes, 2022)

Uno de los principales contribuyentes a la contaminación por comercio electrónico es el embalaje excesivo. Con el fin de proteger los productos durante el envío, muchas empresas utilizan embalajes voluminosos que generan una cantidad desproporcionada de residuos. Estas cajas grandes con poco contenido no solo representan un desperdicio de recursos, sino que también contribuyen al problema global de los residuos plásticos, que contaminan los océanos y amenazan la vida marina.

Otro aspecto importante para considerar es el transporte de larga distancia. A medida que el comercio electrónico ha crecido, también lo ha hecho la distancia entre los centros de distribución y los consumidores. Esto significa que muchos productos vendidos en línea viajan largas distancias antes de llegar a su destino final, aumentando aún más las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con el transporte de larga distancia. Las devoluciones de productos también juegan un papel en la contaminación generada por el comercio electrónico.

Para abordar estos problemas, es crucial implementar soluciones sostenibles en el comercio electrónico. Esto incluye la adopción de embalajes considerados “eco”, la optimización de rutas de entrega para reducir las emisiones, la promoción de la logística

inversa para la reutilización de productos devueltos y la educación de los consumidores sobre la importancia de comprar de manera consciente y responsable.

2.3.1. Sistemas automatizados

Los sistemas automatizados de embalaje y etiquetado desempeñan un papel esencial en la agilización y optimización de una etapa crucial de la cadena de suministro. Utilizando robots avanzados y maquinaria especializada, estos sistemas pueden empaquetar productos de manera altamente eficiente. Gracias a su precisión y consistencia, aseguran un embalaje adecuado y aplican las etiquetas necesarias con exactitud. Este proceso no solo acelera el tiempo de embalaje, sino que también garantiza la integridad de los productos durante el transporte, reduciendo así el riesgo de daños.

La automatización en el embalaje y etiquetado también contribuye significativamente a la reducción de la huella de carbono. Al optimizar el uso de materiales y minimizar el desperdicio, estos sistemas son más sostenibles y generan menos residuos en comparación con los métodos manuales tradicionales. Además, la eficiencia energética de la maquinaria automatizada reduce el consumo de energía, lo que también disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero.

Este nivel de automatización mejora la eficiencia operativa y contribuye a la reducción de costos operativos al minimizar la necesidad de intervención manual. También facilita la gestión del inventario, ya que cada producto puede ser rastreado en tiempo real a través del sistema de etiquetado automatizado, mejorando la trazabilidad a lo largo de toda la cadena de suministro. En resumen, los sistemas automatizados de embalaje y etiquetado no solo optimizan las operaciones logísticas y garantizan la calidad del servicio, sino que también apoyan las iniciativas de sostenibilidad y reducción de la contaminación, lo que es fundamental en el contexto actual de responsabilidad medioambiental (cadecobots, 2022)

Para el proceso de picking por ejemplo se pueden implantar varios sistemas automatizados que mejorarían la eficiencia, ahorro de costos, mayor seguridad.... Pueden ser muy útiles por ejemplo los robots de picking, donde, son robots equipados con brazos mecánicos o ventosas pueden seleccionar y mover productos de manera precisa

y rápida. Estos robots pueden trabajar en conjunto con sistemas de visión y sensores para identificar y recoger productos de manera eficiente. Otro ejemplo serían los sistemas de transporte guiados.

Para el proceso de packing también se pueden encontrar empaquetadoras automatizadas como ya se ha comentado, donde, pueden medir, pesar y empaquetar productos en cajas o contenedores de manera rápida y uniforme. Sistemas de etiquetado automático, que son Etiquetadoras automáticas que aplican etiquetas de envío o identificación en los productos o cajas. También son muy interesantes las máquinas de sellado y cierre (Kiwnda, 2023)

3. LOGISTICA INVERSA

3.1. Que es la logística inversa

A la hora de definir la logística inversa, se le han dado varias definiciones después de tantos años y antes de seguir adelante pondremos aquí las que más ayudan a entender fácilmente el concepto de la logística inversa.

- El proceso de planificar, implementar y controlar eficientemente el flujo efectivo de materias primas, inventario semiprocesado, bienes terminados e información
- referida a estos, desde el punto de consumo al punto de origen, con la finalidad de obtener valor o su correcta descomposición (Rogers & Tibben-Lembke, 1998).
- La logística inversa es un proceso que permite a las empresas mejorar su eficiencia medioambiental mediante actividades como el reciclaje, la reutilización y la reducción del material utilizado. En lugar de seguir un flujo lineal
- de productos desde el fabricante hasta el consumidor y luego al vertedero, la logística inversa reintroduce productos y materiales en la cadena de suministro después de su uso, contribuyendo así a una gestión más sostenible de los recursos (Carter & Ellrain, 1998)
- La logística inversa es un proceso dentro de la administración de la cadena de suministro que ha cobrado importancia, ya que permite gestionar los retornos de los clientes impactando en el servicio y recuperación del valor del producto,

adecuada disposición final y desarrollo de prácticas amigables con el medio ambiente (Académica et al., 2012)

- La logística inversa abarca el conjunto de actividades logísticas de recogida, desmontaje y desmembramiento de productos ya usados o sus componentes, así como de materiales de distinto tipo y naturaleza con el objeto de maximizar el aprovechamiento de su valor, en sentido amplio de uso sostenible y, en último caso, su destrucción (Cabeza, 2012)
- El gran consumo de bienes precisa de los productores la decisión de considerar la viabilidad de los proyectos de recuperación de productos y materiales ya usados mediante algún tipo de relación cliente-productor. Esto se puede lograr mediante la implementación de una novedosa herramienta conocida como: Logística Inversa (Bustos & Carlos, 2015)

3.2. De la economía lineal a la economía circular

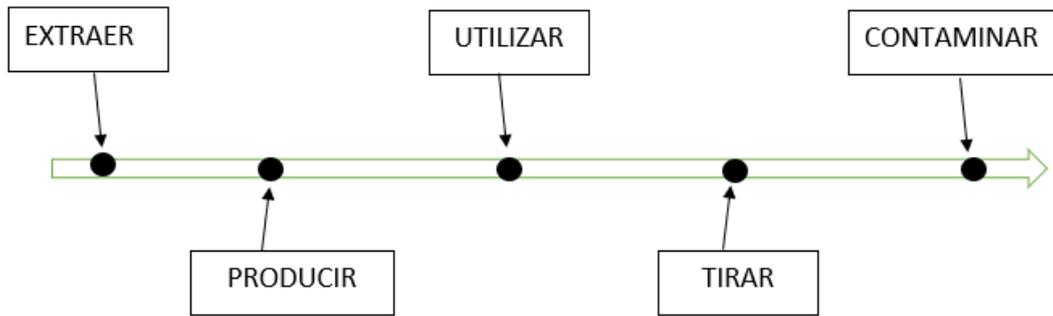
Ya se ha analizado el significado de la logística inversa. Se puede apreciar que la logística inversa está muy relacionada con la economía circular. De hecho, la mayoría de los conceptos son sacados de este término que lleva introduciéndose en nuestras vidas desde hace décadas. Para poder terminar de explicar de dónde surge la logística inversa, tenemos que analizar de dónde surge la idea de la economía circular.

El principal motor que la economía actual sigue es principalmente un sistema lineal, situación derivada de la revolución industrial, que facilitó la adquisición de productos y la prestación de servicios entre la población. El gran potencial de utilización de las máquinas, la sobreproducción y la obtención de gran cantidad de materiales,

aumentaron por completo su capacidad productiva. Esto hizo que productos y servicios antaño inimaginables, los de clase media y baja llegaran a conseguirlos. Además de conseguirlos, supuso la posibilidad de cambiar varias veces el mismo producto, en el que un producto final era más barato comprar uno nuevo que arreglarlo. Esto ha supuesto un aumento de la tendencia al consumo hasta la fecha y las consecuencias son evidentes.

En la Unión Europea se generaron 224,5 millones de kilos de residuos, aproximadamente 502 kg por persona (Eurostat, 2021)

Imagen 2: Sistema lineal



Fuente: (NaturKlima, 2020)

Una de las mayores culpas de la generación de todo este residuo es la consecuencia del sistema lineal existente. En esta imagen que podemos ver aquí se ve claramente, donde el producto tiene un principio y un final. Desde el momento en que se compra, el comprador sabe que este producto tendrá un final tarde o temprano y lo tirará a la basura. La sociedad actual está muy ligada con el concepto de usar y tirar, como, por ejemplo, la comida que compramos, la ropa... y los elementos que necesitamos para transportar, por ejemplo, el coche. Esto no es lo único malo que tiene esto, además de estar pensado para durar poco, no están preocupados por el cuidado de la naturaleza y del medio ambiente.

Como se ha visto, en este paso hacia el salto a la economía circular ya llevan más de una década, pero para avanzar hacia ese paso, hay otros factores que todavía no se ha explicado. Ya se ha dicho que el sistema circular tiene como objetivo no terminar el ciclo, y al finalizar el ciclo vital de un producto, dar otras funciones a las partes que componen este deshecho. En teoría no parece tan difícil, pero hay obstáculos que ralentizan este paso en la raíz de la producción.

Un ejemplo claro para explicarlo: los fertilizantes y pesticidas químicos, como cambia la vida en todas sus formas, las materias primas iniciales empleadas tanto en la producción como en el servicio de los productos, pueden influir mucho al finalizar el ciclo de vida del producto. Esto hace posible que debido a las propiedades que tiene un determinado producto no se pueda reutilizar para realizar otro al final. Para ello es necesario utilizar materiales "limpios" en la producción y cerrar así ese ciclo final de producción. Por ejemplo, cuantos menos productos químicos usemos en la producción,

más fácil será degradarlo en un producto no tóxico. También es cierto que este cambio es imposible en determinados productos, ya que es necesario utilizar químicos.

Imagen 3: Sistema circular



(RivaMadrid, 2019)

Los significados de la economía circular ya están explicados, pero ahora falta verlo en la práctica. Lo que está claro es que al igual que utiliza el sistema lineal uso-tirar, la circular lo sustituye por el reciclaje y la reutilización de productos. Para ver esto con más claridad tenemos la siguiente imagen en la que se explican las fases de la economía circular.

3.2.1. Principios sobre los que se sustenta la economía circular

Con lo visto hasta ahora se puede afirmar que la economía circular sigue tres principios (Martínez & Porcelli, 2018)

1.Principio: Aumentar la productividad natural de los recursos, mediante cambios tanto en el diseño como en la tecnología, para aprovechar los recursos

naturales. En caso de necesitar recursos, busca diseñar sistemas circulares mediante un ciclo de reutilización y selecciona, en la medida de lo posible, tecnologías y procesos que utilicen recursos renovables o de mayor rendimiento. En este principio se identifican dos pilares: el ecodiseño y la economía funcional, a los que se añade la reducción del despilfarro. Una economía circular aumenta también el capital natural fomentando los flujos de nutrientes en el sistema y creando las condiciones de regeneración del suelo. Una vez producido y diseñado ecológicamente el objeto, se aborda el segundo principio, esto es, que su uso dure el mayor tiempo posible.

2.Principio: Optimizar los rendimientos de los recursos, distribuyendo en todo momento productos, componentes y materiales con la máxima utilidad, tanto en ciclos técnicos como biológicos. Diseñar para rehacer, innovar y reciclar productos y componentes para seguir circulando en economía. En el caso de los componentes técnicos, se diseñan desde el principio para su reutilización y los productos asociados a los avances tecnológicos están creados para ir actualizándose. El primer paso es la reutilización, pero para ello es posible que el producto necesite un proceso de reparación (renovación). Cuando este paso no se puede cumplir y ese producto no tiene solución, es posible aprovechar sus partes para fabricar otro producto, que es la refabricación.

3.Principio: Fomentar la eficiencia de los sistemas detectando factores externos negativos y eliminándolos del diseño. Reducir los daños relacionados con alimentos, movilidad, vivienda, educación, salud y ocio, entre otros.

3.3. la creación de la logística inversa

La preocupación por el medio ambiente ha experimentado un cambio significativo, pasando de ser un tema minoritario a extenderse de manera notable en diversos ámbitos. La prensa, los políticos y las organizaciones sociales ahora se hacen eco de las voces autorizadas de científicos que durante años han estado advirtiendo sobre la acelerada degradación ambiental que estamos causando en el planeta. En respuesta a las presiones de los gobiernos y los consumidores, las empresas están buscando mejorar tanto sus procesos como sus productos, con el objetivo de reducir al máximo el impacto medioambiental desde el diseño del artículo fabricado hasta el final de su vida útil.

El término logística se define primeramente en la antigua Grecia en el año 489 a.C. como «hacer algo lógico», pero esto se refiere solamente al significado como palabra. Los inicios de la logística inversa se remontan al principio de la década de los años setenta, cuando se comenzó a analizar la estructura de los canales de distribución para el reciclaje, los actores involucrados en dichos canales, así como las nuevas funciones que surgían. Sin embargo, fue a partir de los años noventa cuando se profundizó más en el estudio de la gestión de los productos fuera de uso y los sistemas logísticos asociados a ellos (Feal Vázquez, 2012)

Existe amplia evidencia que sugiere que la principal manera de abordar este desafío es mediante el uso de los mismos canales de distribución de los productos, pero en sentido inverso (Carter y Ellram, 1998; Knemeyer, Ponzurick y Logar, 2002; de Brito y Dekker, 2003; Krikke, le Blanc y van de Velde, 2003; Ortega, 2003; Ravi y Shankar, 2004; Fernández y Gómez, 2005; Rubio et al., 2007, entre otros). Esta adaptación de los canales de distribución para el retorno de productos y/o sus embalajes fue el punto de partida de lo que hoy conocemos como logística inversa (De León et al., 2013)

En el año 2001 se da a conocer una nueva definición para poder completar una definición más exacta. lo que se conocía hasta entonces. Definen la Logística Inversa como «la tarea de recuperar productos desechados; esto puede incluir embalajes y materiales de envío, y el acarreo regresivo de ellos hacia un punto central de recolección para su reciclado o remanufacturado (Guide Jr et al., 2001)

A lo largo del tiempo, la logística inversa ha experimentado una evolución significativa. Además del tradicional enfoque en el reciclaje y reutilización de productos, en los últimos años ha adoptado una visión más estratégica. Esta nueva perspectiva incluye la reducción de stocks, la recuperación de productos en desuso u obsoletos, y la minimización de la contaminación asociada a los procesos industriales.

Estos avances no solo benefician a las empresas al mejorar su eficiencia y rentabilidad, sino que también tienen un impacto positivo en la sociedad y el medio ambiente al reducir la generación de residuos y promover prácticas más sostenibles.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, se puede concluir que durante ha sido un tema de controversia, donde, se le han ido añadiendo más punto a la definición de lo que es la logística inversa:

- **Décadas de 1970 y 1980:**

Durante estas décadas, surgieron los primeros esfuerzos y preocupaciones sobre el manejo de los residuos y la gestión ambiental. Se observaron algunos intentos iniciales de reutilizar y reciclar materiales, pero la logística inversa como concepto formal aún no había surgido.

- **Década de 1990:**

En esta época, la logística inversa comenzó a recibir una mayor atención debido a preocupaciones ambientales y económicas. Las empresas se dieron cuenta de que la gestión eficiente de productos devueltos y residuos podía generar ahorros significativos y reducir su impacto ambiental.

- **Años 2000:**

Durante esta década, la logística inversa se consolidó como un área de interés clave para empresas de diferentes sectores. Se desarrollaron prácticas más avanzadas y estratégicas para gestionar el retorno de productos, incluyendo la implementación de sistemas de seguimiento y trazabilidad, la optimización de rutas de transporte inversas y la colaboración con socios de la cadena de suministro.

- **Años 2010 hasta la actualidad:**

En las últimas décadas, la logística inversa ha seguido evolucionando en respuesta a los avances tecnológicos, los cambios en las expectativas del consumidor y las regulaciones ambientales más estrictas. Se han desarrollado nuevas tecnologías y herramientas para facilitar la gestión de la logística inversa, como sistemas de gestión de devoluciones en línea, soluciones de seguimiento de productos y procesos de reciclaje más eficientes.

En resumen, la logística inversa ha evolucionado desde su concepción inicial en la década de 1970 hasta convertirse en una disciplina integral y estratégica que aborda

cuestiones ambientales, económicas y sociales clave en la gestión de la cadena de suministro y la sostenibilidad empresarial.

3.4. Estructura logística inversa

Para poder ordenar todos los conceptos anteriormente explicados y colocar cada uno de esos conceptos en los procesos correspondientes, se puede utilizar la siguiente imagen. Se pueden apreciar la diferencia entre el proceso de logística tradicional e inversa.

Imagen 4: logística tradicional

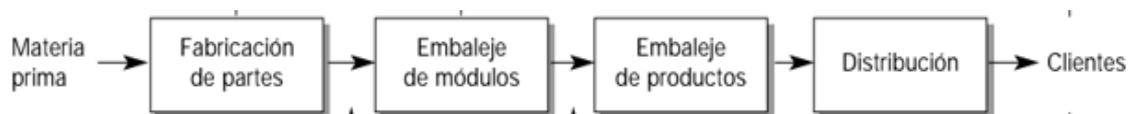
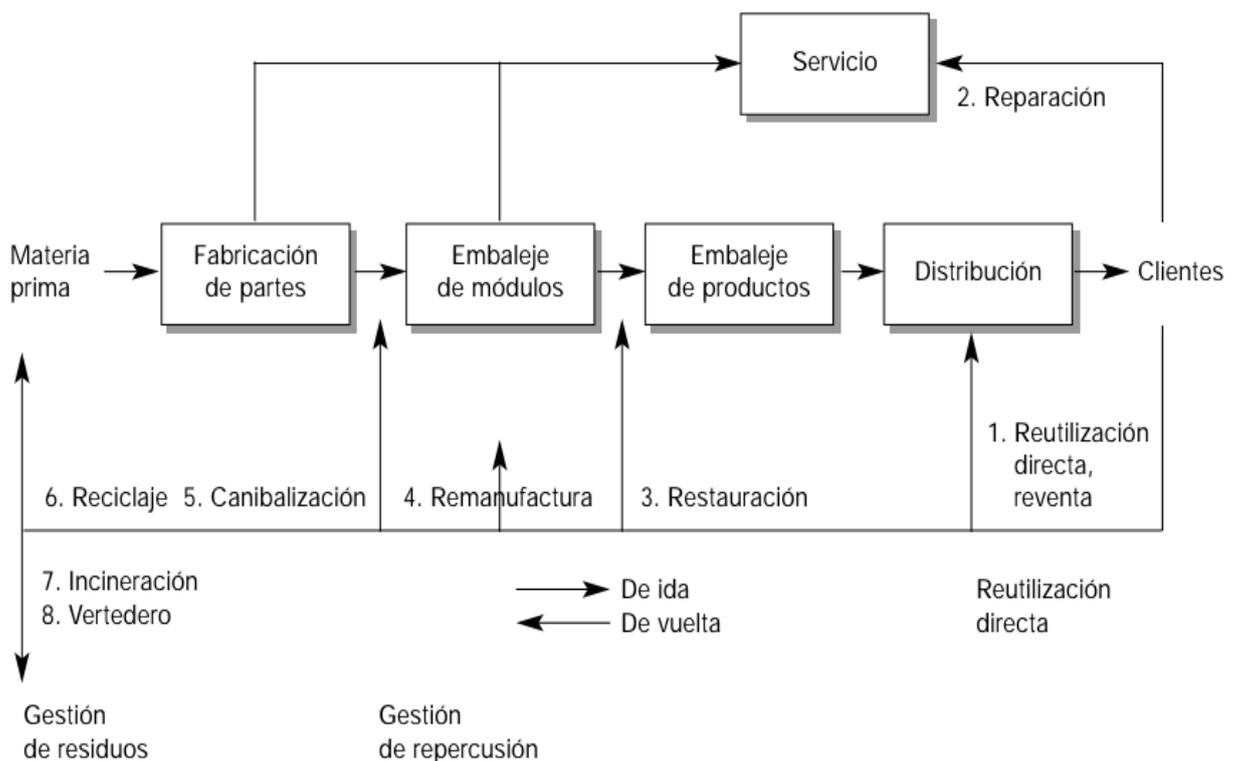


Imagen 5: Logística inversa



(Garcia Felix, 2020)

1. Reutilización directa, reventa: En situaciones donde se lleva a cabo la reutilización directa, los productos que han sido devueltos pueden ser empleados

nuevamente sin requerir su incorporación en el proceso de producción. Este tipo de productos generalmente consisten en artículos devueltos en su estado original, sin haber sido utilizados previamente, y cuya única modificación necesaria suele ser el cambio de su envoltorio o embalaje.

2. Reparación: La reutilización implica realizar pequeñas intervenciones en el producto para restaurarlo a un estado de uso, asegurando que cumpla con ciertos estándares mínimos de calidad. Es importante tener en cuenta que un producto que ha sido reparado inevitablemente tendrá una calidad inferior a la de un producto nuevo.

3. Restauración: En esta situación, se asemeja al escenario anterior, pero implica un tratamiento más detallado y complejo del producto. El objetivo sigue siendo preservar el producto en un estado funcional para extender su vida útil.

4. Remanufactura: Este proceso se distingue por ser el más elaborado entre los tres mencionados previamente, en términos de reutilización del producto en sí mismo. Aquí, nos encontramos prácticamente con un producto nuevo que debe satisfacer los mismos estándares de calidad que el producto original. No obstante, los costos de refabricación resultan ser inferiores en comparación con los otros métodos.

5. Canibalización: En este procedimiento, se descompone el producto en sus componentes individuales para llevar a cabo la canibalización. Este método implica aprovechar los componentes o partes que son reutilizables, los cuales serán destinados a los tratamientos mencionados anteriormente. La canibalización se suele llevar a cabo con componentes electrónicos, circuitos integrados y metales preciosos, entre otros materiales. Es una práctica común en la industria para maximizar el valor y la vida útil de los productos, especialmente en el contexto de la gestión de residuos electrónicos y la economía circular.

6. Reciclaje: La recuperación de materias primas es la última opción para aprovechar los materiales utilizados en la fabricación de un producto. Este proceso implica recuperar la materia prima original del producto y utilizarla para la fabricación de nuevos productos. Es el método más común y popular para cerrar el ciclo de vida de los materiales, y se aplica ampliamente a materiales como el vidrio, cartón, latas, papel,

plásticos, entre otros. Esta práctica promueve la sostenibilidad al reducir la demanda de recursos naturales y minimizar la generación de residuos.

Finalmente, existen dos procesos (número 7 y 8) que no se integran en el ciclo de economía circular del producto. Estos son la incineración y el vertedero, los cuales representan los tratamientos de menor valorización. En la incineración, los productos son quemados para generar energía o reducir su volumen, pero este proceso no promueve la reutilización ni la recuperación de materiales. Por otro lado, el vertedero implica simplemente el depósito de los productos en lugares designados sin ningún

tratamiento adicional, lo que resulta en la pérdida total de sus recursos y valor potencial. Ambos métodos contrastan con los principios de la economía circular al no contribuir a la conservación de recursos ni a la reducción de residuos.

3.5. Logística inversa vs logística verde

Muchas veces a la hora de explicar los fundamentos en el que se basa la logística inversa, se suele confundir con la logística verde. Es verdad que comparten muchas similitudes, pero tiene pequeñas diferencias que se van a explicar a continuación. Primero vamos a ver que es la logística verde:

- Implementación de un programa de gestión integral de residuos generados por la actividad empresarial incluido el packaging.
- prácticas de transporte sostenible, que comprenden la distribución de mercancías mediante bicicletas o vehículos eléctricos, junto con la aplicación de estrategias eficientes como la optimización de y aplicar el concepto de “backhaul” (evitar que el camión vuelva vacío).
- Desarrollo de instalaciones de almacenamiento con un enfoque ecológico, como, por ejemplo, la alimentación eléctrica proveniente de paneles solares para reducir la dependencia de fuentes de energía no renovables.
- Uso de materias primas biodegradables o sustentables.
- Deposición o eliminación adecuada de los desechos de la industria.

Esto es muy importante porque la logística tiene una huella ecológica significativa. De hecho, diversos estudios señalan que el 90% de los impactos ambientales de las empresas provienen de las cadenas de suministro (Diaz Diego, 2021)

Aunque la logística verde y la logística inversa están estrechamente relacionadas, presentan diferencias fundamentales en sus enfoques y objetivos. La logística verde se centra principalmente en la gestión sostenible de recursos naturales renovables y en la minimización del impacto ambiental a lo largo de toda la cadena de suministro, desde la producción hasta la distribución y el consumo. Por otro lado, la logística inversa se concentra en la gestión de los productos una vez que han sido utilizados por el consumidor, abordando aspectos como devoluciones, reciclaje, reacondicionamiento y disposición final.

A pesar de estas diferencias, ambos conceptos comparten similitudes importantes. Ambos procesos incorporan estrategias destinadas a la reutilización, reducción y reciclaje de productos y materiales, lo que contribuye a cerrar el ciclo de vida de los productos y a minimizar los residuos. Es crucial destacar que la logística verde y la logística inversa son conceptos que se alimentan entre sí, una buena logística inversa facilita la implementación de prácticas de logística verde al permitir la recuperación y reutilización de recursos, mientras que una logística verde efectiva puede mejorar la eficiencia y la efectividad de los procesos de logística inversa (NeuroCourier, 2023)

La adopción de estas prácticas no solo conlleva beneficios ambientales, sino también mejoras económicas, estratégicas y legales para las empresas. La implementación exitosa de la logística verde y la logística inversa puede conducir a la reducción de costos operativos, el aumento de la competitividad en el mercado, el cumplimiento de regulaciones ambientales y una mejor percepción pública de la empresa, lo que a su vez fortalece su imagen corporativa y su posicionamiento en la industria. En resumen, la integración efectiva de la logística verde y la logística inversa es fundamental para promover la sostenibilidad empresarial y alcanzar un equilibrio entre los aspectos económicos, ambientales y sociales de la gestión empresarial.

Tabla 2: Resumen logística inversa vs verde

Aspecto	Logística Verde	Logística Inversa
Enfoque principal	Promover la gestión sostenible de recursos naturales renovables y	Administrar productos devueltos y residuos postconsumo de manera que

	mitigar el impacto ambiental en cada etapa de la cadena de suministro.	se puedan reutilizar, reciclar o disponer adecuadamente
Etapas de la cadena de suministro abordadas	Desde la producción hasta la distribución y consumo	Postconsumo y postventa
Objetivo	Minimizar el impacto ambiental y el consumo de recursos.	Reutilizar, reciclar y gestionar productos devueltos
Estrategias clave	Maximizar el uso de recursos renovables, mejorar la eficiencia energética, reducir las emisiones, minimizar los residuos y promover el transporte sostenible	Devoluciones, reciclaje, reacondicionamiento, recuperación de productos.
Conexión entre los conceptos	La logística inversa posibilita la adopción de prácticas de logística verde al posibilitar la recuperación y reutilización de recursos	Una logística verde efectiva puede potenciar la eficiencia y la efectividad de los procesos de logística inversa

4. INTEGRACION DE ROBOTICA EN PROCESOS LOGISTICOS

Desde la primera revolución industrial, la sociedad ha experimentado avances significativos que han tenido un impacto positivo en múltiples aspectos. Sin embargo, con la llegada de la Cuarta Revolución Industrial, nos encontramos en una nueva era caracterizada por la inclusión de tecnologías innovadoras que tienen el potencial de transformar radicalmente nuestras vidas.

A lo largo del transcurso histórico, cada revolución industrial ha desencadenado cambios profundos en la sociedad, alterando los paradigmas laborales y propiciando la creación de nuevos empleos, aunque también implicando la desaparición de otros. En el contexto actual, estamos inmersos en una transición que tendrá un impacto significativo en el mercado laboral, transformando tanto nuestra manera de trabajar como nuestras interacciones sociales tal y como las conocemos en la actualidad.

Con la siguiente tabla se puede ver las revoluciones industriales que hemos vivido hasta ahora resumidas (Jesús Gonzalez-Hernandez et al., 2022)

Tabla 3: Resumen de las revoluciones industriales

Revolución Industrial	Descripción
Primera	Durante finales del siglo XVIII, tuvo lugar la Primera Revolución Industrial, marcada por la introducción de la mecanización en la producción, empleando máquinas de vapor y adoptando fuentes de energía como la hidráulica y la de vapor. Este cambio propició la transición de la manufactura artesanal a la producción industrializada en entornos fabriles.
Segunda	Durante finales del siglo XIX y principios del XX, se desarrolló la Segunda Revolución Industrial, la cual se distinguió por la introducción de la producción en masa, el uso extendido de la electricidad y la implementación de la cadena de montaje. Estos avances posibilitaron una notable mejora en la eficiencia productiva y la fabricación de bienes a gran escala
Tercera	En la segunda mitad del siglo XX surgió la Tercera Revolución Industrial, comúnmente referida como la Revolución Digital. Este período se distingue por la irrupción de la electrónica, la informática y la automatización, que impulsaron la digitalización de los procesos industriales y dieron origen a la tecnología de la información y las comunicaciones.
Cuarta	La actual era, conocida como la Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0, se destaca por la convergencia de tecnologías digitales, físicas y biológicas. Este período abarca avances como la inteligencia artificial, el Internet de las cosas (IoT), la robótica avanzada, la realidad aumentada, la impresión 3D, entre otros. Su principal objetivo es la completa interconexión y digitalización de los sistemas de producción.

La cuarta revolución industrial conlleva cambios enormes que generarán tanto grandes beneficios como grandes retos. Esta nueva era tecnológica traerá consigo una

transformación en la humanidad sin precedentes, obligando a modificar la forma en que vivimos, trabajamos y nos relacionamos unos con otros. La tecnología impactará significativamente en el empleo, las empresas, la economía, la educación y la sociedad en general. Estas transformaciones vendrán acompañadas de enormes oportunidades en sectores como las energías renovables o la biotecnología, donde la carrera apenas comienza y se abrirán nuevas oportunidades (Arboleda et al., 2020)

4.1. inteligencia artificial

La Inteligencia Artificial (IA), abreviada como IA, está emergiendo como una herramienta poderosa en diversos campos. Se refiere al desarrollo de sistemas informáticos capaces de realizar tareas que tradicionalmente requerirían inteligencia humana. En esencia, la IA implica la capacidad de un sistema para interpretar de manera precisa los datos del entorno y utilizar ese conocimiento para alcanzar objetivos específicos de manera eficiente, adaptativa y autónoma. Esta definición subraya el potencial de la IA para transformar la forma en que abordamos problemas y llevamos a cabo diversas actividades en campos tan variados como la medicina, la educación, la industria y la investigación científica (Delgado et al., 2024)

La Inteligencia Artificial está revolucionando la forma en que vivimos, trabajamos e interactuamos con la tecnología. Con avances constantes en algoritmos y capacidades computacionales. A continuación, se exploran algunas de las áreas más impactantes donde la IA está dejando su huella:

- El reconocimiento de imágenes estáticas, su clasificación y etiquetado, se han convertido en herramientas valiosas con aplicaciones en una amplia variedad de industrias.
- Las mejoras en el desempeño de estrategias algorítmicas comerciales han sido ampliamente adoptadas en el sector financiero en diferentes contextos.
- El procesamiento eficiente y escalable de datos de pacientes promete mejorar la eficacia y la eficiencia en la atención médica.
- El mantenimiento predictivo, otra herramienta de gran aplicabilidad, está siendo implementado en diversos sectores industriales.

- La detección y clasificación de objetos, inicialmente utilizada en la industria de vehículos autónomos, muestra un potencial de aplicación en múltiples campos
- La distribución de contenido en redes sociales, aunque principalmente una estrategia de marketing puede ser utilizada para sensibilizar a organizaciones sin fines de lucro o para la rápida difusión de información de interés público.
- La protección contra amenazas de seguridad cibernética es esencial para instituciones financieras y sistemas de pago en línea, siendo una herramienta indispensable en su seguridad informática (Rouhiainen, 2018)

En la vida cotidiana también tiene muchas utilidades la inteligencia artificial. Por ejemplo, en los hogares se hace cada vez más uso de ella y muchas veces se utiliza sin darse ni siquiera cuenta. Contar con espacios en los que la iluminación se active automáticamente con la presencia o donde se pueda controlar la música que suena y la apertura de las persianas mediante comandos de voz, ya no es una visión futurista. En la actualidad, gracias a diversas formas de inteligencia artificial, todo esto es completamente factible.

Además de ser una opción moderna, la aplicación de inteligencia artificial en el hogar ofrece otras ventajas significativas. Por ejemplo, puede contribuir a la reducción del consumo de energía mediante sensores que monitorean la temperatura y sistemas de automatización que controlan las cortinas para evitar la entrada directa de luz solar en ciertos momentos del día.

En la actualidad, se puede ver que en las grandes empresas multinacionales líderes en logística, tales como DHL, AMAZON, APPLE, están cada vez más presentes las nuevas tecnologías. Esto es debido que estamos entrando en la cuarta revolución industrial que ya hemos mencionado anteriormente. Hiroshi Ishiguro comenta que la robótica no es algo nuevo pero la inteligencia artificial tiene un potencial de investigación superior (Ishiguro Hiroshi, 2017)

Se puede decir que la inteligencia artificial (IA) impacta significativamente en tres áreas clave dentro de los procesos de logística inversa: la automatización de procesos, la mejora en la precisión y el análisis de datos. En cuanto a la automatización de procesos, la implementación de sistemas basados en IA ha permitido la automatización de muchas

tareas en la logística inversa. Estos sistemas pueden identificar automáticamente los productos que deben ser devueltos, clasificarlos según su estado y enviarlos al lugar adecuado para su procesamiento. En este sentido, la IA ha mejorado la eficiencia de los procesos de devolución, reduciendo el tiempo y los costos asociados con la logística inversa.

En cuanto al análisis de datos, uno de los usos más populares de la IA es su capacidad para recopilar y analizar grandes volúmenes de información. En la logística inversa, la IA puede proporcionar información valiosa sobre los patrones de devolución de productos, identificar los artículos que se devuelven con mayor frecuencia y comprender las razones detrás de estas devoluciones (CR Acacia, 2023)

Existen empresas que han adoptado estrategias de toma de decisiones sobre devoluciones basadas en IA. Esto significa que, mediante el uso de IA, se determina si se tramita la devolución o si se permite que el cliente conserve el producto. Estos sistemas de IA consideran criterios como el costo de la devolución, especialmente en el caso de artículos muy baratos o voluminosos, donde el coste puede ser superior al valor del producto. Además, se puede tener en cuenta la posibilidad de reventa del producto por parte del cliente y el historial de compras del usuario que solicita la devolución.

4.2. internet de las cosas

El Internet de las Cosas (IoT) es un tema de gran actualidad en los ámbitos informáticos y de alta tecnología. Este concepto se refiere a la interconexión de objetos cotidianos a través de Internet, permitiendo que se comuniquen entre sí y con los usuarios de manera más inteligente y eficiente. El IoT representa una nueva generación de intercomunicación que abarca desde dispositivos domésticos, como electrodomésticos y sistemas de seguridad, hasta aplicaciones industriales y comerciales, como sensores en fábricas y logística inteligente. Esta tendencia está impulsando un desarrollo acelerado en la tecnología de telecomunicaciones, transformando cómo interactuamos con nuestro entorno y ofreciendo oportunidades significativas para mejorar la eficiencia, la productividad y la calidad de vida. A medida que esta tecnología evoluciona, se espera que su impacto continúe expandiéndose, revolucionando diversos sectores y fomentando la innovación.

Para poder entender mejor este concepto relativamente nuevo, pero que está en nuestro día a día, aquí están algunas definiciones:

- IoT (Internet of things/Internet de las cosas) es una arquitectura emergente basada en la Internet global que facilita el intercambio de bienes y servicios entre redes de la cadena de suministro y que tiene un impacto importante en la seguridad y privacidad de los actores involucrados (Salazar & Silvestre, 2018)
- El término IoT apareció a finales de los noventa y fue definido por Kevin Ashton en el contexto de la gestión de la cadena de suministro. El IoT es un paradigma que brinda la base y el modelo para resolver la problemática de tener interconectadas todas las “cosas” que nos rodean. La ventaja del IoT es que se desarrolla utilizando muchos de los estándares de Internet existentes, para ofrecer servicios de transferencia de información y análisis de datos, así como el desarrollo de aplicaciones que interactúen y se comuniquen con los usuarios (Mora Sonia, 2015)

Resumiendo, se puede decir que el Internet de las Cosas (IoT) implica la capacidad de que objetos y personas interactúen de forma remota a través de Internet, en cualquier lugar y momento. Esta interacción se facilita gracias a la convergencia de diversas tecnologías, como sensores, dispositivos móviles, redes inalámbricas y sistemas de información.

La integración del “IoT” ofrece diversas oportunidades en logística inversa, sobre todo en el proceso de retorno de productos y en la mejora de gestión de devoluciones.

1. Trazabilidad: IoT permite realizar un seguimiento preciso de los productos devueltos a lo largo de toda la cadena de suministro inversa mediante, por ejemplo, el uso de sensores o etiquetas inteligentes. De este modo, facilita la identificación de productos, verifica el estado en el que se encuentra y monitoriza si cumple con los plazos de entrega o no.

2. Automatización: El sistema IoT puede integrarse en los sistemas de almacenamiento para monitorear automáticamente los niveles de inventario de productos devueltos. De

este modo conseguiríamos minimizar tanto los sobrantes de inventario, como, productos obsoletos.

3. Optimización de rutas: Utilizando datos en tiempo real sobre la ubicación y el estado de los productos devueltos, el IoT puede ayudar a optimizar las rutas de retorno, reduciendo los tiempos de tránsito y los costos asociados.

4. Identificación de productos reutilizables: Pueden recopilar datos sobre el estado y la calidad de los productos devueltos, lo que facilita la identificación de productos reutilizables que pueden ser reintegrados en el inventario o enviados a procesos de reacondicionamiento.

5. IoT y la economía circular: Es probable que los mayores beneficios de la IoT estén aún por llegar, sobre todo en el sector de empresa a empresa, o business-to-business (B2B). McKinsey sugiere que ese sector se beneficiará del 65% del valor total liberado por IoT para 2030. Guiar esta ola de cambio aplicando los principios de la economía circular puede crear valor y generar beneficios más amplios para la sociedad, al tiempo que construye un sistema que puede funcionar a largo plazo. Se considera ahora la IoT un elemento crucial de un sistema circular. La potente combinación de blockchain y la IoT puede acelerar esta transición hacia una economía circular (Ellen Macarthur foundation, 2022)

6. Eliminación de los residuos: La integración del Internet de las Cosas (IoT), que permite supervisar sistemas complejos en tiempo real, con la impresión 3D (fabricación ágil) puede hacer innecesario el almacenamiento de grandes inventarios de piezas de repuesto en almacenes físicos. Por ejemplo, los sensores en los vehículos pueden detectar piezas defectuosas en tiempo real y gestionar su sustitución accediendo a un inventario virtual de archivos. Estas piezas se pueden imprimir a demanda en una ubicación cercana, listas para que los ingenieros las instalen.

Como curiosidad, la empresa “Digi International” publico varios datos curiosos sobre IoT (Locke Jayna, 2021):

- Según estimaciones recientes, hay aproximadamente 13.800 millones de dispositivos IoT en el mundo actual, superando a los humanos en unos seis mil millones, más o menos.

- El primer dispositivo conectado fue el cajero automático. El primer cajero automático real se instaló en el Reino Unido en 1967 para el Barclay's Bank.
- El concepto de IoT se remonta a mediados del siglo XIX. Un ejecutivo de Procter & Gamble acuñó el término "Internet de las cosas" en 1999 para describir la función de la RFID en la cadena de suministro. Las primeras máquinas telegráficas y los transmisores de código Morse fueron, posiblemente, la primera forma de IoT.
- Es uno de los sectores de mayor crecimiento en la tecnología. Según algunas estimaciones, el número de dispositivos conectados en el mundo superará los 25.400 millones para el año 2030. Para tener una idea de lo que está impulsando la tendencia, el mercado de IoT en la fabricación se espera que crezca hasta los 53.800 millones en 2025.
- La sanidad es uno de los sectores de mayor crecimiento para IoT. Desde el seguimiento de activos y el control de inventarios hasta el control de las constantes vitales de los pacientes, dispositivos y sistemas conectados apoyan la asistencia sanitaria a distancia, la toma de mejores decisiones en materia de salud y bienestar, etc.

4.3. Empresas fabricantes de robots más importantes del mundo

Al ser una inversión grande para las empresas la implementación de alguno de los métodos anteriormente mencionados es muy interesantes saber cuáles son las principales empresas que ofrecen estos productos.

Tabla 4: Empresas fabricantes robots



SUIZA

ABB es un destacado fabricante de robots industriales y proveedor de software, equipos y soluciones completas para aplicaciones robóticas. La compañía cuenta con clientes en 53 países y ha instalado más de 400.000 robots en diversas industrias a nivel mundial. Entre

sus robots industriales más populares se encuentran el IRB 910SC (SCARA), IRB 8700, IRB 6700, y el IRB 1660ID, entre otros. En 2019, ABB reportó ingresos de 9.140 millones de dólares en su división de robótica y movimiento (IKATO, 2021)

YASKAWA

JAPON

Yaskawa es un grupo tecnológico japonés con más de 100 años de historia, especializado en soluciones de automatización industrial. Fundada en 1915, hoy la empresa tiene una producción anual de 2 millones de variadores de velocidad (VSD), 1,5 millones de servomotores y 750.000 robots industriales.

Yaskawa es líder mundial en la producción de variadores de velocidad, servomotores, controladores de movimiento, PLC y robots. La empresa tiene un profundo conocimiento de las necesidades de sus clientes y una amplia gama de productos y soluciones innovadoras para satisfacerlas (TCA Automation, 2023)

FANUC

JAPON

Desde su fundación en 1956 en Japón, esta empresa líder ha estado a la vanguardia en el campo de la automatización industrial. Proporciona a sus clientes una amplia gama de equipos de alta fiabilidad y soluciones de ingeniería automatizada. Entre sus ofertas se incluyen robots, proyectos de automatización robótica y máquinas de moldeo por inyección totalmente eléctricas. FANUC Corporation ha establecido 264 puntos de servicio en todo el mundo, ofreciendo soporte técnico a 108 países y regiones.

El proyecto Fase III de Shanghai-FANUC, una colaboración entre el Grupo FANUC y el Grupo Eléctrico de Shanghai, se promociona como la "fábrica superinteligente" en el mundo de la robótica. Este proyecto se extiende por 431 acres y cuenta con una superficie construida de 300,000 metros cuadrados. Aprovechando las sólidas capacidades de integración de ingeniería y servicio técnico de FANUC, el objetivo es establecer una de las mayores bases de producción robótica del mundo fuera de Japón (Artizono, 2024)

KUKA

ALEMANIA

Fundada en Alemania en 1898, esta empresa toma su nombre de la abreviación de los apellidos de sus fundadores y su ciudad de origen: "Keller und Knappich Augsburg". Se dedica a la creación de robots industriales para diversas industrias, incluyendo la automotriz, la electrónica, el sector energético y sanitario, y la industria de bienes de consumo. Sus robots son ampliamente utilizados en tareas como pintura, corte, manipulación de objetos, medición, montaje, soldadura, paletizado y transporte, entre otras aplicaciones (RevistaDeRobots, 2023)

5. EJEMPLOS PRACTICOS DEL MERCADO

Ya se ha visto como la robótica está transformando la logística inversa, ofreciendo soluciones innovadoras que mejoran la eficiencia, reducen costos y optimizan el manejo de devoluciones y reciclaje de productos. La adopción de tecnologías robóticas en la logística inversa no solo beneficia a las empresas en términos de ahorro y eficiencia, sino que también mejora la experiencia del cliente al acelerar y perfeccionar el proceso de devoluciones.

Después de analizar la teoría, falta analizar como transformar en realidad y para eso se analizan algunos ejemplos destacados de cómo la robótica está siendo implementada en la logística inversa por empresas líderes en el mercado.

Tomando como referencia los datos de 2020, los expertos de IDC estimaron que el gasto mundial en robótica para ese año alcanzaría los 128.000 millones de dólares. De esta cantidad, aproximadamente 112.000 millones corresponderían a los segmentos de robótica, mientras que el resto estaría destinado a drones.

Se prevé que el 60% del gasto en robótica se concentre en el hardware, abarcando inversiones en sistemas robóticos, hardware del sistema y hardware de robótica postventa. Además, alrededor de 30.000 millones de dólares se invertirían en la compra de robots industriales y de servicios.

El gasto en software se destinaría a la adquisición de aplicaciones de comando y control, así como aplicaciones específicas de robótica. Por otro lado, el gasto en servicios incluiría la integración de sistemas, la administración de aplicaciones, y la implementación y soporte de hardware (RevistaDeRobots, 2023)

5.1. APPLE, Inc

Apple es una empresa multinacional estadounidense con sede en California, que se dedica al diseño y producción de equipos electrónicos y software. Entre sus productos de hardware más conocidos se encuentran los equipos Mac, iPod, iPhone e iPad. En cuanto a su software, destacan el sistema operativo Mac OS X y el sistema operativo iOS.

La logística inversa en Apple es un aspecto crítico de su estrategia de sostenibilidad y gestión de la cadena de suministro. Lo primero de todo, tiene un programa de reciclaje y reutilización donde puedes entregar tu dispositivo actual a cambio de un descuento para comprar uno nuevo. Además, lo puedes hacer online o en un Apple Store. Y si ya no tiene valor, lo reciclan gratis. Esto lo hace con el lema “Cambia. Renueva. Ahorra. Anota un triple. Es bueno para ti y para el planeta” como referencia (APPLE, 2024).

Apple se enfoca en recuperar materiales valiosos de los dispositivos devueltos. Utiliza robots como Daisy, que puede desmantelar iPhones para recuperar componentes y materiales como cobre, aluminio y cobalto, reduciendo así la necesidad de extraer nuevos recursos naturales.

Daisy fue estrenado en Apple en el 2018. En una entrevista que ofreció la vicepresidenta de medio ambiente de Apple, Lisa Jackson, para la revista Reuters, explico más detenidamente el funcionamiento de este robot en los almacenes de Apple. En la entrevista, comenta que se trata de una maquinaria de aproximadamente 20 metros en la cual los iPhone usados pasan por diferentes fases hasta quedar desmontados. En estas fases encontramos los pasos mediante los cuales quita la batería, luego los tornillos y luego el motor háptico entre otras cosas.

Una vez las piezas han sido separadas los componentes que se puedan reciclar son enviados a otra parte para que se extraiga de ellos los minerales, se refinan y se vuelvan a utilizar. Daisy es capaz de desmontar 200 iPhone por hora, o lo que es lo mismo, un iPhone cada 20 segundos (Rus Cristian, 2020).

Otro punto destacado de la entrevista es que Apple está evaluando la posibilidad de compartir la tecnología de Daisy con otros fabricantes, no solo en el sector de los teléfonos móviles, sino también con fabricantes de automóviles eléctricos, por ejemplo. Sin embargo, aún no es completamente seguro y está por determinar si esto se llevará a cabo finalmente.

5.2. DHL

DHL es una compañía multinacional alemana especializada en servicios de mensajería, paquetería y logística. Fundada en 1969, DHL es una división del grupo Deutsche Post DHL, que es el proveedor de logística y servicios postales más grande del mundo. La empresa ofrece una amplia gama de servicios, incluyendo envíos express internacionales, transporte terrestre y aéreo, soluciones de almacenamiento y distribución, así como servicios de cadena de suministro y logística inversa. DHL opera en más de 220 países y territorios, y es reconocida por su red global y capacidad para manejar envíos de cualquier tamaño y complejidad (DHL, 2024).

DHL ha sido siempre referencia a la hora de implementar sistemas robóticos en toda su cadena logística. El actual CEO de “DHL supply chain”, Markus Voss, comenta en su página oficial: “Estimamos que hasta el 30% de nuestra flota mundial de equipos de manipulación de materiales utilizará alguna forma de automatización robótica para 2030” (Voss Markus, 2023) .

Según se puede ver en la página de DHL, se puede observar que para la gestión de las operaciones del almacén, utilizan varios sistemas de automatización (DHL, 2023):

AGV: un AGV (Automated Guided Vehicle, por sus siglas en inglés) es un vehículo guiado automáticamente que se utiliza para transportar materiales y productos dentro de almacenes, fábricas y centros de distribución sin intervención humana directa. Estos vehículos autónomos siguen rutas predeterminadas mediante tecnologías como guías ópticas, láser, imanes o señales de radiofrecuencia.

AMR: un AMR (Autonomous Mobile Robot, por sus siglas en inglés) es un robot móvil autónomo que se utiliza para transportar materiales y productos dentro de almacenes, fábricas y centros de distribución. A diferencia de los vehículos guiados automáticamente (AGV), los AMR no dependen de rutas predefinidas o infraestructura física para navegar. En cambio, utilizan tecnologías avanzadas como sensores, cámaras, inteligencia artificial y algoritmos de mapeo para moverse de manera autónoma y dinámica dentro de un entorno.

Un empleado con una tableta puede supervisar una flota completa de AMR que realizan procesos repetitivos de almacenamiento y recuperación. Los trabajadores que, de otro modo, se verían obligados a caminar hasta 15 kilómetros por día, a menudo en condiciones de calor o frío extremos, pueden realizar tareas más significativas.

ASRS: ASR (Automated Storage and Retrieval System, por sus siglas en inglés) se refiere a un Sistema Automatizado de Almacenamiento y Recuperación. Estos sistemas son utilizados para gestionar de manera eficiente el almacenamiento y la recuperación de productos en almacenes y centros de distribución. Los ASR combinan software avanzado con equipos mecánicos automatizados para mejorar la precisión, velocidad y eficiencia del manejo de inventarios. En definitiva, Maneja, almacena y recupera el inventario en un almacén de forma autónoma, lo que permite una mayor eficiencia y densidad de almacenamiento.

ASR: La definición es la misma que ASRS pero, estos Navegan automáticamente utilizando imágenes térmicas para mejorar la seguridad mediante vigilancia y monitoreo, con lo cual, estos se utilizan mayoritariamente para evitar el robo de inventario.

Uno de los robots más famosos de DHL es “LOCUS”. Estos robots están equipados con sensores y tecnología de navegación avanzada que les permite moverse de manera autónoma por el almacén, evitando obstáculos y optimizando las rutas para recoger y embalar productos. Trabajan en estrecha colaboración con los trabajadores humanos, actuando como asistentes para recoger productos de los estantes y llevarlos a las estaciones de embalaje.

DHL Supply Chain implementará 5.000 nuevos robots del modelo LocusOrigin en su red global de almacenes y centros de distribución. Esta extensión de su alianza representa el acuerdo en materia de AMRs más grande de la industria hasta la fecha (cdecomunicacion, 2023).

DHL Supply Chain ha implementado nuevas soluciones automatizadas en sus instalaciones de Valencia y Toledo. En Valencia, se han añadido cuatro robots móviles de elevación por vacío, mientras que en Toledo se ha instalado una estación de trabajo de picking con un brazo central automático. Estas soluciones buscan mejorar la eficiencia, priorizar la seguridad de los trabajadores y optimizar la ergonomía de los puestos de trabajo. Los nuevos equipos han reducido el sobreesfuerzo de los operarios, aumentando la satisfacción de los empleados y mejorando la productividad hasta en un 261%. Los elevadores móviles permiten manipular cargas de hasta 75 kg con rapidez y mínimo esfuerzo físico, mientras que la estación de picking en Toledo tiene capacidad para mover hasta 200 kg con un radio de giro de 270° (cadenadesuministro, 2024)

5.3. AMAZON

Amazon es una empresa multinacional de tecnología con sede en Seattle, Washington, que se especializa en comercio electrónico, servicios en la nube, transmisión digital y inteligencia artificial. Fundada por Jeff Bezos el 5 de julio de 1994, Amazon comenzó como una librería en línea y rápidamente se expandió para vender una amplia gama de productos y servicios. Amazon se guía por cuatro principios: la obsesión por el cliente, la pasión por la innovación, el compromiso con la excelencia operativa y el pensamiento a largo plazo (aboutamazon, 2024)

Amazon es otro de los grandes referentes mundiales en cuanto a la robotización y automatización. El mayor almacén que tiene en España tiene ubicado en Madrid, donde en cinco años ha crecido hasta ocupar 200.000 metros cuadrados. En dicho almacén, además de tener 3000 empleados, se calcula que hay aproximadamente el doble de robots. Uno de los robots más famosos, son los llamados “drivers”. Se trata de robots que parecen “Roombas” pero una versión superior. Pesan 135 kilos y pueden cargar sobre sus espaldas tonelada y media. No se mezclan con los humanos (ElConfidencial, 2022).

Ellos actúan en recintos delimitados por una enorme verja al que solo pueden acceder los encargados de su mantenimiento. Cuando el cliente realiza un pedido, los robots transportan las distintas estanterías a una estación donde, mediante una pantalla, el empleado puede ver qué cajón abrir, qué producto tomar y en qué 'tote' colocar el artículo. Una vez completado el proceso, el 'tote' se dirige a la estación de empaquetado (ElConfidencial, 2022) Esta tecnología de logística tiene varias funcionalidades. Además de preparar el envío más rápidamente, sirve para organizar correctamente las recogidas de los productos devueltos.

Otro ejemplo interesante que aplican en su logística inversa es el sistema que tienen en el centro logístico de Houston, Texas. “Sequoia” es el nombre que ha tomado el sistema. Permite identificar y almacenar el inventario que reciben en sus centros logísticos hasta un 75% más rápido que lo que puede hacer, permitiendo que sea más rápida la redistribución de dichos artículos. Sequoia también reduce el tiempo que lleva procesar un pedido a través de un centro logístico hasta en un 25%, remarcó la empresa de comercio electrónico.

Sequoia integra múltiples sistemas robóticos para contener el inventario en contenedores, reuniendo robots móviles, sistemas de pórtico, brazos robóticos y una nueva estación de trabajo ergonómica para empleados (Juárez, 2023)

Siguiendo con más ejemplos, presentan el robot bípedo “Digit”. Este robot nació mediante una asociación con Agility Robotics, donde, es una de las empresas en las que Amazon invirtió como parte del Amazon Industrial Innovation Fund.

Digit tiene la capacidad de mover, tomar y manipular artículos en espacios y rincones de los almacenes de maneras innovadoras. Su tamaño y forma están diseñados para integrarse bien en entornos construidos para humanos. Inicialmente, esta tecnología se utilizará para asistir a los empleados en el reciclaje de contenedores, un proceso altamente repetitivo que consiste en recoger y trasladar contenedores vacíos después de que se haya retirado todo el inventario (Dresser, 2023).

Famosos son también los drones de reparto de Amazon. El último prototipo que ha presentado ha sido el MK30, que empezara a ponerse en marcha este año. Cuenta con hélices de diseño personalizado que disminuyen el ruido percibido en casi un 50%, además de ser más ligero y compacto. Sus capacidades superan al modelo actual MK27. Según Amazon, "puede volar el doble de distancia, lo que nos permite atender a más clientes en más ubicaciones, y operar en condiciones climáticas más adversas, como lluvia ligera". Han anunciado también la expansión internacional en Italia y Reino Unido a finales de 2024 (Diariodelpuerto, 2023).

5.4. PORCELANOSA

Porcelanosa Grupo es una empresa española multinacional especializada en la fabricación y comercialización de pavimentos y revestimientos cerámicos y naturales, fachadas, superficies de nueva generación, mobiliario de cocina, sanitarios, grifería, accesorios de baño y soluciones de colocación, medioambiente y sostenibilidad.

Porcelanosa Grupo ha invertido de forma significativa en la automatización de sus procesos productivos en los últimos años. La empresa ha implementado robots, sistemas de visión artificial y otras tecnologías para mejorar la eficiencia y la calidad de sus productos.

En la página oficial de Porcelanosa afirman que han puesto en marcha la planta más automatizada del mundo (Porcelanosa, 2023). destaca por la implantación de la tecnología más vanguardista en las distintas etapas de la producción de porcelánico de gran formato. De esta forma, se ha automatizado el proceso de recepción de materia prima mediante un software de control. Esta tecnología serviría también para el proceso

de logística inversa, donde ayudaría en la recepción de productos devueltos, por ejemplo.

La zona de almacenaje también está en su mayoría automatizada. Esa área se organiza en 10 pasillos, cada uno con una anchura de 1,75 metros. Estos pasillos son recorridos por 10 transelevadores bicolumna, los cuales se encargan de atender a 20 estanterías que alcanzan una altura de 31 metros. Los transelevadores se desplazan rápidamente por los pasillos, con una velocidad de hasta 180 metros por minuto, y tienen la capacidad de elevar los palets a una velocidad de 48 metros por minuto. Además, pueden ubicar la carga estratégicamente en los espacios disponibles siguiendo las instrucciones del software de gestión. En total, los transelevadores pueden realizar hasta 237 ciclos combinados por hora. Otra de las características de los transelevadores es que son energéticamente eficientes, ya que son capaces de recuperar para el autoconsumo un valor medio del 15% de la energía consumida, por lo que son coherentes con el compromiso ecológico de la compañía (Mecalux, 2023)

En la zona de picking, han instalado unos brazos neumáticos que permiten a los operarios manipular la carga sin esfuerzo, facilitando los movimientos y agilizando el proceso.

6. CONCLUSIONES

Tras analizar el sistema logístico inverso y sus funcionalidades, se ha observado cómo las nuevas tecnologías pueden ser implementadas en este complejo proceso, permitiendo extraer varias conclusiones. Al integrar la robótica en la logística inversa, se puede mejorar significativamente la eficiencia del proceso. El presente trabajo ha permitido analizar en profundidad algunos de los principales retos que enfrenta la logística moderna, la contaminación que produce el e-commerce, y cómo la integración de robots y sistemas automatizados puede ofrecer soluciones efectivas. El auge del comercio electrónico ha incrementado significativamente el volumen de envíos y devoluciones, contribuyendo a un aumento de las emisiones de carbono y residuos de embalaje. La implementación de sistemas automatizados de embalaje y etiquetado no

solo optimiza el uso de materiales, sino que también reduce la cantidad de residuos generados. Robots especializados pueden minimizar el uso excesivo de embalajes y asegurar que los materiales sean reciclables o reutilizables, contribuyendo así a la reducción de la huella ecológica del e-commerce. La gestión de devoluciones es compleja y costosa, afectando tanto a la eficiencia operativa como a la satisfacción del cliente.

Otro de los problemas analizados es exceso de inventario, donde representa un desperdicio de recursos y espacio, y puede llevar a la obsolescencia de productos. Los robots y sistemas automatizados de gestión de inventarios pueden monitorear y gestionar el stock en tiempo real, optimizando el almacenamiento y la rotación de productos. Esto permite una mejor previsión de la demanda y una gestión más eficiente del inventario, reduciendo el sobrante y sus impactos asociados

En conclusión, la integración de la robótica y la automatización en los procesos logísticos no solo aborda eficazmente los problemas actuales de contaminación, devoluciones y sobrante de inventario, sino que también impulsa la eficiencia operativa y la sostenibilidad. Estamos inmersos en la cuarta revolución industrial, y la nueva era tecnológica se está consolidando cada vez más. Los avances tecnológicos más significativos de esta era, como el Internet de las cosas y la inteligencia artificial, están demostrando ser cruciales en la mejora de todos los aspectos del proceso logístico.

Después, Se ha analizado en profundidad el concepto de logística inversa, observando que ha ganado una importancia significativa en los últimos años, en gran parte debido al aumento de las ventas de comercio electrónico. La logística inversa está estrechamente vinculada con el concepto de “economía circular”, ambos enfocados en el cuidado del medio ambiente, la gestión de desechos y la reutilización de materiales obsoletos. Por lo tanto, podemos afirmar que la logística inversa sigue los principios de la economía circular. Es importante no confundir la logística inversa con la logística verde. Además, se ha revisado el origen histórico del concepto de logística inversa y cuándo comenzó a ser relevante.

A continuación, Se han destacado las principales empresas líderes en el mercado de la robótica, subrayando la globalización actual del mercado. Existen compañías en

todo el mundo dedicadas a la fabricación de sistemas automatizados. Al revisar algunos proveedores, se han mencionado varias empresas de renombre mundial que han implementado estos sistemas, como DHL, Amazon, Apple y Porcelanosa. Tras analizar estos casos, se concluye que la integración de la robótica en la logística inversa y en los procesos logísticos en general puede ofrecer grandes beneficios para las empresas. Estos beneficios incluyen la reducción de costos, mayor rapidez en los procesos y la mejora en la calidad y seguridad de los trabajadores.

Resumiendo, la integración de la robótica y la automatización en la logística inversa ofrece soluciones prácticas y efectivas a los problemas de contaminación, gestión de devoluciones y exceso de inventario. Al mismo tiempo, impulsa la eficiencia operativa y contribuye a la sostenibilidad empresarial. En un contexto en el que la cuarta revolución industrial está consolidándose, los avances en tecnologías como el Internet de las cosas y la inteligencia artificial están demostrando ser cruciales para la mejora continua de los procesos logísticos

En conclusión, para maximizar los beneficios de la integración de la robótica en la logística inversa, es recomendable que las empresas:

1. **Adopten tecnologías emergentes:** Invertir en la adopción de tecnologías emergentes, como el Internet de las cosas y la inteligencia artificial, para mejorar la precisión y eficiencia en la gestión de inventarios y la previsión de demanda.
2. **Desarrollen estrategias sostenibles:** Implementar estrategias de sostenibilidad que incluyan la utilización de materiales reciclables en el embalaje y la reducción de residuos, apoyándose en la automatización para alcanzar estos objetivos.
3. **Mejoren la gestión de devoluciones:** Automatizar el proceso de devoluciones para minimizar errores y reducir los costos operativos, asegurando al mismo tiempo una mayor satisfacción del cliente.
4. **Optimicen la logística inversa:** Continuar explorando y adoptando nuevas soluciones robóticas que permitan la optimización de la logística inversa, enfocándose en la eficiencia operativa y la reducción de costos.

5. **Capaciten a los empleados:** Invertir en la capacitación del personal para asegurar una transición fluida hacia un entorno automatizado, mejorando la seguridad y la calidad del trabajo.
6. **Mantengan una visión global:** Vigilar continuamente el mercado global para identificar nuevas oportunidades de automatización y mantener la competitividad en un entorno cada vez más globalizado.

Ha sido un placer realizar este trabajo, donde tuve la oportunidad de estudiar el funcionamiento de empresas que conozco desde siempre. Me sentí como un niño, leyendo y viendo videos sobre el uso de robots en los procesos logísticos. Además, profundicé en el término de logística inversa, un tema que hemos abordado en el máster. Dado que la robótica es un campo en constante evolución, me esforcé por obtener información de las fuentes más recientes posibles, lo cual en algunos casos resultó ser un gran desafío.

7. BIBLIOGRAFIA

- Aboutamazon. (2024). Quiénes somos - Amazon.
<https://www.aboutamazon.es/quienes-somos>
- Académica, L. C., Andrés Gómez, R., Alexander, M., Correa, A., Laura, E., Vásquez, S., & Gómez, H. (2012). *Logística inversa, un enfoque con responsabilidad social empresarial*
- Actualícese. (2023). ¿Qué hacer ante un sobrante de inventarios?
<https://actualicese.com/reconocimiento-del-sobrante-de-inventarios-normas-a-considerar/>
- AEC. (2024). Las ventas de robots industriales en España se disparan un 48% y la robótica de servicio crece un 17%. [https://aeconsultoras.com/noticias-sectoriales/las-ventas-de-robots-industriales-en-espana-se-disparan-un-48-y-la-robotica-de-servicio-crece-un-17/#:~:text=En%202023%2C%20se%20instalaron%20m%C3%A1s,y%20Automatizaci%C3%B3n%20\(AER%20Automation\).](https://aeconsultoras.com/noticias-sectoriales/las-ventas-de-robots-industriales-en-espana-se-disparan-un-48-y-la-robotica-de-servicio-crece-un-17/#:~:text=En%202023%2C%20se%20instalaron%20m%C3%A1s,y%20Automatizaci%C3%B3n%20(AER%20Automation).)
- Andrés, H., & Lesmes, C. (2022). *LOGÍSTICA INVERSA EN EL ECOMMERCE: MÉTODOS DE CONTROL Y GESTIÓN DE DEVOLUCIONES REVERSE LOGISTICS IN THE ECOMMERCE: METHODS OF CONTROL AND MANAGEMENT OF RETURNS*
- APPLE. (2024). Cambia. Renueva. Ahorra. Anota un triple.
https://www.apple.com/es/shop/trade-in?afid=p238%7Cs18lOuSOx-dc%20mtid%20187079nc38483%20pcrid%20673896723281%20pgrid%20108248737344%20pntwk%20g_pchan%20pexid%20ptid%20kwd-822651258235%20&cid=aos-es-kwgo-Tradein--slid---product-

Arboleda, C., Ramos, C., Zuleta, A., & Arboleda, J. (2020). *La cuarta revolución industrial y las oportunidades para las empresas*. Corporacion Universitaria Adventista. 10.35997/runacv13n24a6

Artizono. (2024). Los 10 principales fabricantes de robots industriales en 2024. https://artizono.com/es/principales-fabricantes-de-robots-industriales/?utm_content=cmp-true

Bustos, F., & Carlos, E. (2015). *La logística inversa como fuente de producción sostenible*

C. Francisco. (2002). *La Robótica, Principio y Evolución*

Cabello, J. M. (2019, -10-29T07:00:07+00:00). *Cómo gestionar devoluciones a proveedor correctamente o logística inversa*. Ekon. Retrieved May 8, 2024, from <https://www.ekon.es/blog/gestionar-devoluciones-proveedor-logistica-inversa/>

Cabeza, D. (2012). Logística inversa en la gestión de la cadena de suministro. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=hoQK2KBHzQC&oi=fnd&pg=PA11&dq=logistica+inversa&ots=zT7a73OF1p&sig=3rP0vpGJV0Ab4sOtGml2Eh16UCg#v=onepage&q&f=false>

cadecobots. (2022). Optimizando el control de calidad con robots colaborativos y otras tecnologías de vanguardia. <https://cadecobots.com/optimizando-el-control-de-calidad-con-robots-colaborativos-y-otras-tecnologias-de-vanguardia/>

cadenaesuministro. (2024). DHL Supply Chain se apoya en la robótica para aumentar la seguridad de los trabajadores. https://www.cadenadesuministro.es/logistica/dhl-supply-chain-se-apoya-en-robotica-aumentar-seguridad-trabajadores_1502396_102.html

Carter, C. R., & Ellrain, L. M. (1998). *REVERSE LOGISTICS: A REVIEW OF THE LITERATURE AND FRAMEWORK FOR FUTURE INVESTIGATION*

cdecomunicacion. (2023). DHL y Locus firman el acuerdo sobre robots más grande de la industria. <https://logistica.cdecomunicacion.es/tecnologia/131238/dhl-locus-5000-robots>

CNMC. (2023). El comercio electrónico superó en España los 20 mil millones de euros en el segundo trimestre de 2023, un 12,7 % más que el año anterior. <https://www.cnmc.es/prensa/ecommerce-2T23-20240105>

CR Acacia. (2023). ¿CÓMO IMPACTA LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA LOGÍSTICA INVERSA? <https://www.linkedin.com/pulse/c%C3%B3mo-impacta-la-inteligencia-artificial-en-log%C3%ADstica-inversa/>

De León, V. R., Zavala Rio, D., & Choy, J. G. (2013). *UNA REVISIÓN DEL PROCESO DE LA LOGÍSTICA INVERSA Y SU RELACIÓN CON LA LOGÍSTICA VERDE. A REVIEW OF REVERSE LOGISTICS PROCESS AND ITS RELATION WITH GREEN LOGISTICS*

Delgado, N., Campo Carrasco, L., Sainz De La Maza, M., & Etxabe-Urbieta, J. M. (2024). *Aplicación de la Inteligencia Artificial (IA) en Educación: Los beneficios y limitaciones de la IA percibidos por el profesorado de educación primaria, educación secundaria y educación superior*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia. 10.6018/reifop.577211

DHL. (2023). warehouse robotics and automation. <https://www.dhl.com/global-en/delivered/ecommerce/warehouse-robotics-and-automation.html>

DHL. (2024). DHL. <https://www.dhl.com/global-en/delivered.html>

Diariodelpuerto. (2023). Amazon avanza en la robotización de toda su red logística. <https://www.diariodelpuerto.com/logistica/amazon-avanza-en-la-robotizacion-de-toda-su-red-logistica-PG17337811>

Diaz Diego. (2021, -10-22T00:09:25+00:00). Conoce la diferencia entre logística inversa y verde. <https://enviame.io/conoce-la-diferencia-entre-logistica-inversa-y-verde/>

Dresser, S. (2023). Amazon anuncia dos nuevas maneras en las cuales utiliza robots para ayudar a los empleados y cumplir con los clientes. <https://www.aboutamazon.com/news/operations/amazon-anuncia-dos-nuevas-soluciones-roboticas>

ElConfidencial. (2022). Un día dentro de la gran obsesión de Amazon: un almacén con 6.000 robots y 3.000 personas. https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2022-06-07/robotizacion-amazon-humanos-bcn1_3435862/

ElConfidencial, Fernando Puente, María del Mar & Pérez, S. F. (2022, -05-25T05:00:00+02:00). *El impacto del 'e-commerce' en el tráfico y la contaminación de las ciudades (y la iniciativa que intenta atajarlo)*. elconfidencial.com. Retrieved May 8, 2024, from https://www.elconfidencial.com/arcadia/2022-05-25/impacto-ecommerce-trafico-contaminacion-bra_3430159/

Ellen Macarthur foundation. (2022). Éxito en la gestión de la complejidad: el papel del Internet de las Cosas en la creación de una economía circular. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/%20facilitadores-tecnologicos/parte-3>

Eurostat. (2021, *Análisis de los datos publicados por Eurostat sobre generación de residuos en la Unión Europea | RETEMA*). Retrieved May 5, 2024, from <https://www.retema.es/actualidad/analisis-de-los-datos-publicados-por-eurostat-sobre-generacion-de-residuos-en-la-union>

Feal Vázquez, J. (2012). *LOGÍSTICA INVERSA*

García Félix. (2020). *Procesos e indicadores en logística inversa de un E-commerce*

Guide Jr, V. D. R., Vaidyanathan Jayaraman, Rajesh Srivastava & W. C. Benton. (2001, *SupplyChain Management for Recoverable Manufacturing Systems*).

IKATO. (2021). Top 10 empresas fabricantes de robots industriales en el mundo. <https://www.ikato.mx/post/top-10-empresas-fabricantes-de-robots-industriales-en-el-mundo>

Isgiguro Hiroshi. (2017). *Human–Robot Interaction In Social Robotics*

Iván Valverde-Castro, B. (2020). *LA IMPORTANCIA DE LA ROBOTICA EN EL DESARROLLO DE LA SOCIEDAD*10.23857/pc.v5i8.1668

Jesús Gonzalez-Hernandez, I., Armas-Álvarez, B., Coronel-Lazcano, M., Vergara-Martínez, O., Maldonado-López, N., & Granillo-Macías, R. (2022). *El desarrollo tecnológico en las revoluciones industriales Technological development in industrial revolutions*

Juárez, C. (2023). Innovaciones de Amazon usan robots para asistir a empleados y atender clientes. <https://thelogisticsworld.com/innovacion/innovaciones-de-amazon-usan-robots-para-asistir-a-empleados-y-atender-clientes/#:~:text=El%20sistema%20funciona%20haciendo%20que,que%20los%20clientes%20han%20pedido.>

Kiwnda. (2023). Picking y packing para la optimización del almacén. <https://kiwandalabs.com/picking-y-packing-para-la-optimizacion-del-almacen/>

Llegó. (2023). Automatización en la gestión de devoluciones: mejorando la eficiencia. <https://blog.llego.cl/automatizaci%C3%B3n-en-la-gesti%C3%B3n-de-devoluciones-mejorando-la-eficiencia>

Locke Jayna. (2021). 12 datos curiosos sobre IoT - 2021. *Digi International*, <https://es.digi.com/blog/post/12-fun-facts-about-iot-2021>

MacFarland. Alex. (2024). Las 6 mejores herramientas de inteligencia artificial para analistas de datos (mayo de 2024). <https://www.unite.ai/es/analistas-de-datos-de-herramientas-de-inteligencia-artificial/>

- Makarchuk Mary. (2022). ¿QUÉ ES EL EXCESO DE INVENTARIO?
[https://www.leafio.ai/es/blog/que-es-el-exceso-de-inventario-y-que-lo-
causa/#:~:text=El%20exceso%20de%20inventario%20es,inventario%20calculado%
20eficaz%20y%20rentablemente.](https://www.leafio.ai/es/blog/que-es-el-exceso-de-inventario-y-que-lo-
causa/#:~:text=El%20exceso%20de%20inventario%20es,inventario%20calculado%
20eficaz%20y%20rentablemente.)
- Martínez, A. N., & Porcelli, A. M. (2018). Estudio sobre la economía circular como una alternativa sustentable frente al ocaso de la economía tradicional (primera parte). *Lex*, 16(22), 301-334. 10.21503/lex.v16i22.1659
- Mecalux. (2023). Mecalux completa el proceso de automatización de los almacenes de Porcelanosa Grupo en Castellón. <https://www.mecalux.es/casos-practicos/ejemplo-automatizacion-almacenes-porcelanosa-grupo-castellon>
- Mecalux. (2024, *La inteligencia artificial en los almacenes: impacto y aplicaciones*. Retrieved May 22, 2024, from <https://www.mecalux.es/blog/inteligencia-artificial-en-almacenes>
- Moldstock. (2023). Las cifras de la pérdida de productos en las empresas de logística inversa. <https://moldstock.com/la-perdida-de-productos-en-la-logistica-inversa-realidad-o-mito/>
- Mora Sonia. (2015). *maguzman,+Journal+manager,+Artículo+12*
- NaturKlima. (2020, *Ekonomia zirkularra eta ekonomia lineala*. Retrieved Apr 9, 2022, from <https://www.naturklima.eus/hec-ekonomia-zirkularra-eta-ekonomia-lineala.htm?partekatu>
- Navarro, B., Gadea, G., Francisco, G., & Navarro, J. B. (2022). *Grado en Administración y Dirección de Empresas TRABAJO FIN DE GRADO*
- NeuroCourier. (2023, -07-28T05:58:26+00:00). Logística Inversa y Logística Verde: Potenciando la Ventaja Competitiva Empresarial. <https://neurocourier.com/diferencias-entre-la-logistica-inversa-y-logistica-verde/>

Nextar. (2018, *Cómo registrar una transacción de devolución al proveedor*. Retrieved May 8, 2024, from <https://ayuda.nextar.com/tutorial/devolucion-al-proveedor>

Porcelanosa. (2023). Porcelanosa pone en marcha la planta más automatizada del mundo para la producción de porcelánico de gran formato. <https://www.porcelanosa.com/trendbook/planta-automatizada-produccion-sinterizada-gran-formato/>

RevistaDeRobots. (2023). Empresas de Robótica y Automatización Industrial. <https://revistaderobots.com/industria/empresas-de-robotica-y-automatizacion/?cn-reloaded=1>

RivaMadrid. (2019). Hacia una economía circular. <https://www.rivamadrid.es/noticias/hacia-una-economia-circular>

Rodrigo Isabel. (2024). Aumentan las instalaciones de robots en la industria un 12%. <https://logistica.cdecomunicacion.es/automatizacion-y-robotica/141466/aumentan-las-instalaciones-de-robots-industria>

Rogers, D. S., & Tibben-Lembke, R. S. (1998). *Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices*

Rouhiainen, L. (2018). *INTELIGENCIA ARTIFICIAL 101 COSAS QUE DEBES SABER HOY SOBRE NUESTRO FUTURO*

Rus Cristian. (2020). Cómo funciona Daisy, el robot de reciclaje de Apple: un nuevo informe desvela más detalles. <https://www.applesfera.com/apple-1/como-funciona-daisy-robot-reciclaje-apple-nuevo-informe-desvela-detalles>

Salazar, J., & Silvestre, S. (2018). *INTERNET DE LAS COSAS*

TCA Automation. (2023). Marcas Yaskawa Robótica. <https://www.tca-automation.com/marcas/yaskawa-robotica/>

TOMEC. (2023). Tipos de Robots para almacenes: Una guía para la automatización logística. <https://tomec.es/tipos-de-robots-para-almacenes-una-guia-para-la-automatizacion-logistica/>

Vitronic. (2024). El procesamiento eficiente de las devoluciones reduce costes y permite obtener información valiosa del cliente. <https://www.vitronic.com/es-es/logistica/gestion-de-devoluciones>

Voss Markus. (2023). warehouse-robotics-and-automation.