

Ecoinnovación en las operaciones logísticas. Un acercamiento basado en la Vigilancia e Inteligencia Estratégica

Eco-innovation in logistics operations. An approach based on Surveillance and Strategic Intelligence

Edgar Roberto Sandoval García

División de Ingeniería en Logística, Tecnológico Nacional de México/TES de Cuautitlán Izcalli,

edgar.sg@cuautitlan.tecnm.mx

Resumen

El concepto de ecoinnovación se refiere al desarrollo de nuevos productos, procesos productivos e incluso modelos de negocio con un bajo impacto ambiental durante su ciclo de vida. El principal objetivo de este estudio es el de identificar las tendencias de ecoinnovación que permitirán definir la competitividad de la industria logística nacional en el corto plazo a través del proceso de vigilancia e inteligencia estratégica, el cual se ha convertido en una práctica empresarial clave para contender en un entorno cada vez más digital, especialmente importante para empresas tecnológicas, organizaciones intensivas en conocimiento y liderazgo de proyectos de I+D+i.

Abstract

The concept of eco-innovation refers to the development of new products, production processes and even business models with a low environmental impact during their life cycle. The main objective of this study is to identify the eco-innovation trends that will allow defining the competitiveness of the national logistics industry in the short term through the process of surveillance and strategic intelligence, which has become a key business practice to contend in an increasingly digital environment, especially important for technology companies, knowledge-intensive organizations and leadership of R&D projects.

Palabras clave: ecoinnovación, logística, vigilancia e inteligencia estratégica.

Key words: eco-innovation, logistics, surveillance and strategic intelligence.

Introducción

Acorde con la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL (2017), innovar implica el aprovechamiento de un nuevo conocimiento o de una nueva conjunción de conocimientos existentes. Si los países buscan alcanzar sociedades prósperas y ambientalmente sólidas han de promover las innovaciones que abren nuevos caminos para abordar los problemas ambientales, actuales y futuros, así como proponer vías para reducir el consumo de energía y recursos. Este tipo de innovación es al que se refiere la ecoinnovación, que se distingue de la innovación convencional por su impacto positivo en el medio ambiente (CEPAL, 2017).

A diferencia de otros conceptos relacionados con la innovación y la disminución del daño ambiental, la ecoinnovación “agrega de manera explícita la necesidad de considerar el enfoque de ciclo de vida en el análisis sobre el impacto ambiental” (Schiederling *et al*, p. 18, 2012, citado por CEPAL 2017). El Observatorio de Ecoinnovación de la Unión Europea en 2010 definió a la ecoinnovación como “la introducción de cualquier producto nuevo o significativamente mejorado (bien o servicio), proceso, cambio organizativo o solución de marketing, que reduce el uso de recursos naturales (incluidos los materiales, energía, agua y tierra) y disminuye la liberación de sustancias nocivas a lo largo de su ciclo de vida” (CEPAL, 2017, p. 11).

Ante la globalización del comercio, la logística se ha convertido en uno de los eslabones más importantes de la cadena de suministro. Sus actividades son responsables de una variedad de impactos negativos, incluida la contaminación atmosférica por gases de efecto invernadero, el ruido, los accidentes, congestionamiento vial, entre otros. Por lo anterior, la logística tiene un papel clave que desempeñar en la reducción de las emisiones gases de efecto invernadero, al contrarrestar la dependencia de las economías de las fuentes de energía no renovables (Aceves, 2020).

La contribución del Sector Logístico a las Emisiones de Carbono se puede resumir en los siguientes puntos:

- Transporte de Carga: la mayor parte de las emisiones de carbono en el sector logístico proviene del transporte por carretera, que utiliza mayormente combustibles fósiles. El autotransporte de carga (camiones y tractocamiones) consumió en 2018 el 22.1 % de la energía total del sector transporte (2,209 PJ) con una participación de sólo el 2.35 % del total de vehículos en el país (BIEE, 2024).
- Operaciones en Infraestructura Logística
 - Almacenes y Centros de Distribución: las operaciones en estos lugares generan emisiones a través del uso de energía para iluminación, calefacción, refrigeración y maquinaria.
 - Puertos y Aeropuertos: el movimiento de cargas y la operación de equipos portuarios y aeroportuarios también contribuyen a las emisiones de carbono.

Dada la importancia de la industria logística en México, para coadyuvar al logro del desarrollo sostenible del país, es de especial interés el impulso de tecnologías que permitan reducir el impacto de las operaciones logísticas hacia el medio ambiente.

Como una forma de apoyar este proceso, el principal objetivo de este estudio es el de identificar las tendencias de ecoinnovación, que permitirán definir la competitividad de la industria logística nacional en el corto plazo a través del proceso de vigilancia e inteligencia estratégica (VeIE) y el uso de algunas de sus herramientas como boletines, informes técnicos y líneas de investigación, publicados entre el año 2023 y el segundo semestre del 2024. Dichos documentos abordan el impacto, por ejemplo, de la automatización y el uso de tecnología digital para una mayor eficiencia y visibilidad de las operaciones logísticas, así como otros ejemplos que se orientan al uso específico de ciertos productos y tecnologías de interés industrial y comercial, que consideran tanto el desarrollo de equipos como el de procesos o productos.

1. Metodología

Esta propuesta utiliza como base la información desarrollada en los cursos virtuales del Observatorio Virtual de Transferencia Tecnológica de la Universidad de Alicante (OVTT, n.d.) y el ciclo o proceso de VeIE del Programa Argentino de Vigilancia Tecnológica e

Inteligencia Competitiva (MINCYT, 2015), el cual consiste en planificación, obtener información, procesarla y analizarla, difundir los resultados, decisión, acción y proteger la información obtenida o generada. En este documento se exponen los resultados de las etapas de obtención, procesamiento y análisis de la información.

A continuación, se desglosan cada una de las etapas a desarrollar.

A. Diagnóstico e identificación de las necesidades de información

En esta fase se desarrollarán las siguientes actividades:

- i. Identificación de las necesidades de información.
- ii. Definición de los factores críticos claves a vigilar.
- iii. Elaboración del “Árbol Tecnológico” del sector (estructura en formato árbol, definiendo palabras claves y términos técnicos a vigilar o monitorear) y selección de las fuentes de información.
- iv. Definición de los entregables.

Como toda implementación de un sistema de gestión, se necesita realizar una evaluación inicial para determinar el punto de partida y el nivel de madurez actual en cuanto a las necesidades de información.

Posteriormente, se identifica lo que es realmente importante y prioritario para el proyecto, así como cuál es la información indispensable para la toma de decisión, con base en los objetivos planificados.

Se procede así a delimitar los temas de interés estratégico también llamados factores críticos de vigilancia e inteligencia. No existen recursos para vigilar todo, por eso hay que seleccionar los factores críticos que están relacionados con el sector de la actividad, según los objetivos del proyecto, que pueden ser variables en el tiempo.

B. Obtención de información

En la siguiente fase, la *Búsqueda de información* puede realizarse de diversas maneras y con una amplia variedad de herramientas informáticas a implementar, en las cuales se cargan las estrategias o ecuaciones de búsquedas realizadas (ecuaciones que reflejan las necesidades de información materializadas en el árbol tecnológico) y se procede a

monitorear las distintas fuentes de información, a partir de las que se dará respuesta a las siguientes interrogantes:

- ¿Qué tipo de información se buscará?
- ¿Qué tipo de procesamiento o análisis se necesitaría realizar?
- ¿Cómo se requiere presentar la información?

Para listar fuentes de información como patentes y publicaciones científicas a monitorear; se deberán formular ecuaciones de búsqueda lo más adecuadas a las características y parámetros de exploración para cada buscador o base de datos. En cambio, en el caso de monitorear otras fuentes de información, se utilizarán palabras o términos claves, combinados con conectores lógicos para la búsqueda.

C. Monitoreo y validación de la información

Posteriormente a la búsqueda de información, se aborda el *Monitoreo y validación de la información resultante*. El monitoreo de información es esencial en la implementación de un sistema territorial de gestión de Vle, lo cual permite adquirir la materia prima que dará respuesta a las necesidades del proyecto.

Dicha materia prima, después de ser validada, corroborada y enriquecida, permitirá aumentar el conocimiento y saber del sector a monitorear y su capacidad para tomar las decisiones más adecuadas.

D. Procesamiento y análisis de la información

Obtenida la información, se pasa a la cuarta fase, la cual se denomina *Tratamiento y análisis de la información*. Una vez que se ha recogido la información, es necesario transformarla en conocimiento. El objetivo básico del tratamiento de la información es añadir valor a la información, lo que significa que tenga utilidad o valor para el destinatario, por lo que se convierten en imprescindibles las actividades de evaluación y selección de la información, análisis, interpretación y síntesis.

Uno de los métodos más simples y eficaces para analizar el valor de una información es el análisis de las fuentes de procedencia, a saber:

- Fuentes fiables (ensayos en laboratorio, documentación de las administraciones);

- Fiables con riesgo de subjetividad (la prensa);
- Fuentes poco seguras (en líneas generales, fuentes informales);
- Fuentes sospechosas, cuyas informaciones deben considerarse con la máxima prudencia, por ejemplo, los rumores.

Finalmente, se elabora el informe técnico para la toma de decisiones.

2. Desarrollo y Resultados

Como punto de partida el Global Logistics Cluster (2024), expone que, en la actualidad, existe una amplia gama de iniciativas destinadas a mejorar al máximo el desempeño medioambiental de la logística, las cuales impulsan un equilibrio sostenible entre los objetivos económicos, medioambientales y sociales. En este sentido, cada organización debe evaluar sus propias metas, capacidades y planes para alcanzar dicho objetivo.

A continuación, se menciona por tipo de operación logística, su situación actual, las actividades de mejora y las ventajas obtenidas.

A. Transporte

- Situación actual: flota altamente contaminante, calidad del aire reducida.
- Actividades de mejora: medir los desplazamientos, costos y mantenimiento del transporte para recopilar datos sobre su uso. Invertir en el mantenimiento adecuado en función de las necesidades y la estrategia seleccionada. Esto podría incluir: rediseñar rutas más cortas, invertir en vehículos ecológicos, uso de combustibles alternos, entre otros.
- Ventajas: unidades de transporte de bajas emisiones, bien mantenidas y siguiendo planes de reparación que reduzcan el costo medioambiental y económico al aumentar la eficacia.

B. Distribución

- Situación actual: canales de distribución mal organizados o con grandes ineficiencias.
- Actividades de mejora: planificar la cadena de suministro y las compras teniendo en cuenta el costo de gestionar los residuos producidos. Conectar eficazmente los lugares de producción con los puntos de distribución,

incluso utilizando la proximidad a los puntos de almacenamiento o distribución como criterio de selección. Evaluar la línea de producción o los canales de distribución de tercer nivel de los proveedores para detectar residuos o usos indebidos.

- c. Ventajas: entregas más rápidas, mayor flexibilidad para los pedidos tardíos y ahorro de tiempo en la gestión de residuos.

C. Compras

- a. Situación actual: selección basada en el precio que potencialmente oculta actividades poco éticas o no respetuosas con el medio ambiente
- b. Actividades de mejora: crear y aplicar criterios de selección que se ajusten a las políticas éticas y medioambientales de la organización. Investigar las iniciativas que están poniendo en marcha otras organizaciones y adaptarlas a la situación propia.
- c. Ventajas: aumento de la reputación.

D. Almacenamiento

- a. Situación actual: pérdida de productos por degradación causada por malas condiciones de almacenamiento, o daños durante los movimientos dentro del almacén.
- b. Actividades de mejora: realizar mejoras en las infraestructuras para facilitar el movimiento de mercancías. Utilizar la luz solar y la ventilación natural. Si la infraestructura va a durar más de dos años, invertir en fuentes de energía solar o eólica y gestionar el consumo de energía.
- c. Ventajas: ahorrar dinero y tiempo.

E. Embalaje

- a. Situación actual: uso excesivo de materiales no biodegradables.
- b. Actividades de mejora: elegir el modo de transporte adecuado con tiempo suficiente, para poder entender cómo se embala y etiqueta la carga. Intentar buscar un buen equilibrio entre seguridad y manipulación; reducir los envases o utilizar materiales reutilizables o biodegradables.
- c. Ventajas: ahorro de recursos.

Definidos los antecedentes, a continuación, se desglosa la información de soluciones ecoinnovadoras para los diferentes procesos logísticos. La información se presenta agrupado acorde a su origen: Boletines y noticias sectoriales, Informes Técnicos y Líneas de Investigación.

- Boletines y noticias Sectoriales

A partir de una búsqueda con la palabra “logistics” en la plataforma web del World Economic Forum Intelligence (WEF, 2024), se muestran las siguientes notas con un impacto directo a la ecoinnovación de la industria logística.

¿Qué es la infraestructura 'phygital' y cómo puede impactar el crecimiento en las economías en desarrollo?

La infraestructura 'phygital', que combina elementos físicos y digitales, está impulsando el crecimiento económico y el progreso social en las economías en desarrollo. Los ejemplos incluyen la agricultura inteligente, la gestión logística y la gobernanza electrónica. Con la finalidad de ampliar el tema de 'phygital' se consultó un informe de la empresa Hexaware (2019), líder en el sector de tecnologías de la información y consultoría, en donde se menciona que dadas las crecientes expectativas de los clientes sobre la entrega de contenido omnicanal¹, personalizado, conexión constante, respuestas instantáneas y asociados de tienda bien informados, exigen que los minoristas adopten tecnologías de última generación para enriquecer aún más la cadena de valor minorista. Los minoristas están invirtiendo tanto en tiendas físicas como en canales digitales para una conexión superior con el cliente. Una mayor curva de ventas y la experiencia del cliente de una cadena minorista estarán impulsadas por tecnologías innovadoras como; Internet de las cosas (IoT), beacons², cámaras de alta tecnología, sensores, soluciones de realidad aumentada y virtual.

¹ Omnicanal, modelo de comunicación utilizado por las empresas para mejorar la experiencia de sus clientes, permitiéndoles estar en contacto constante con la empresa a través de múltiples canales al mismo tiempo (Ubicaciones físicas, Páginas web, Redes sociales, Chat en vivo, Aplicaciones móviles, Comunicación telefónica).

² Beacons, plataforma gratuita todo en uno con el mejor enlace en bio, creador de kit de medios, tienda en línea y herramienta de marketing por correo electrónico para creadores en Instagram + Tiktok.

En su informe, Hexaware, menciona que el 75 % de los minoristas encuestados están invirtiendo en nuevas tecnologías para almacenes y así aumentar el volumen total de artículos enviados. También es su objetivo equipar al personal con tecnología digital. Así mismo, el 62 % de los minoristas ya han comenzado a invertir en IoT en almacenes.

Un ejemplo de phygital, son las operaciones de almacenaje impulsadas por robots implementadas por el gigante del comercio electrónico Alibaba (figura 1), las cuales han reducido la fuerza laboral en un 70 % y han mejorado la capacidad general de recolección aproximadamente tres veces.



Figura 1 Ejemplo de soluciones de selección. Fuente: Quicktron (2024)

Reporte de Tendencias Tecnológicas 2024

En su 17ª edición, el Reporte de Tendencias Tecnológicas 2024 desarrollado por el Future Today Institute (2024), menciona que después de la incertidumbre y la volatilidad de 2023, la cadena de suministro, la logística y las industrias manufactureras están experimentando una relativa estabilización mientras se enfrentan a requerimientos de los consumidores en constante cambio, las perturbaciones del cambio climático y la escasez de mano de obra.

Muchos de estos desafíos están poniendo el foco en la automatización y el uso de tecnología para una mayor eficiencia y visibilidad. La integración de los datos necesarios para tomar decisiones automatizadas sigue siendo un desafío y muchos de los datos permanecen aislados. El mayor impulso de la Inteligencia Artificial (IA) en las cadenas de suministro y la logística se ha dado en la optimización del inventario y redes, así como en la gestión de recursos de almacén.

Informe de tendencias en la industria logística

En la figura 2 mostrada a continuación, se ilustra, acorde a StartUs (2024), las 10 principales tendencias de la industria de la logística que incidirán al sector en el corto plazo. El Internet de las cosas (IoT) desempeña un papel importante en el sector, desde el establecimiento de almacenes automatizados hasta el seguimiento de mensajería y paquetes. Las plataformas y soluciones habilitadas con IA aprenden continuamente varios procesos logísticos repetitivos para comenzar a automatizar tareas tradicionalmente manuales. La flexibilización de las regulaciones en torno a los drones y su uso impulsará no solo la entrega de última milla sino también las aplicaciones robóticas para la industria en su conjunto.

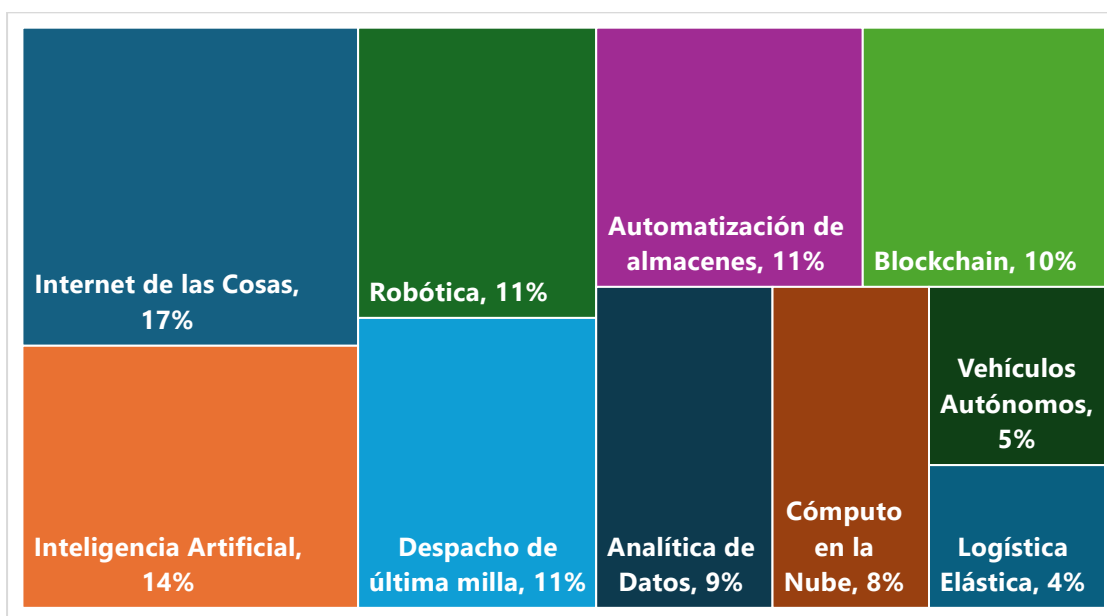


Figura. 2 Tendencias tecnológicas en la logística. Elaboración propia con base en StartUS (2024)

Costos y beneficios de lograr la carbono-neutralidad en América Latina y el Caribe.

En cuanto al sector edificios y transporte, componentes medulares de la industria logística, las transformaciones recomendadas por Nidhi *et. al.* (2023) para un estudio comisionado por el Banco Interamericano de Desarrollo son:

- Edificios: aumentar la eficiencia de la envolvente del edificio y cambio de uso de combustible a bombas de calor.
 - Transporte: aumentar la eficiencia energética del transporte, cambio de combustible para el transporte por carretera medio y pesado, electrificar el ferrocarril, cambio de combustible marítimo, cambio modal para el transporte de carga y electrificar el transporte ligero por carretera.

Si bien existen diversos caminos diferentes hacia cero emisiones netas, hay tres cambios que son fundamentales:

1. Producir electricidad (y, en menor medida, hidrógeno) a partir de fuentes de energía renovables.
2. Utilizar electricidad (y, en menor medida, hidrógeno) en lugar de combustibles fósiles para alimentar el transporte.
3. Convertir la tierra en un sumidero de carbono. Esto es necesario para compensar cualquier emisión residual del resto de la economía.

Conectividad e infraestructura para el transporte

Acorde a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (ECLAC, 2023), en América Latina, las deficiencias en la infraestructura de transporte tienen un impacto negativo en los flujos comerciales. La región se caracteriza por el predominio del transporte por carretera para el movimiento de carga, representando en promedio el 85 % de la carga transportada en el trienio 2019-2021.

Además de la respuesta obvia de ampliar y renovar la infraestructura vial, existen al menos dos alternativas para mejorar el transporte en las condiciones actuales. Una es explorar otras opciones de transporte. Alternativas como transbordadores, vías fluviales y dirigibles no son nuevas, pero, al igual que los trenes, tienen un gran potencial para desempeñar un papel aún mayor en el desafío de mejorar el transporte.

- A. Dirigibles. Representan otro modo de transporte con gran potencial para mitigar el impacto del cambio climático, entre otros beneficios (figura 3). Esta tecnología

ofrece capacidades técnicas que pueden ayudar a mejorar significativamente las redes de movilidad y logística en zonas aisladas.



Figura. 3 Dirigibles para el transporte de carga. Fuente: ATLAS (2021)

Los dirigibles no compiten con otros medios de transporte, sino que los complementan, mejorando la comodidad y la sincromodalidad.

- B. Corredores multimodales. Además del potencial que ofrecen los distintos modos de transporte individualmente, la implementación de corredores carreteros, carreteros-ferroviarios y ferroviarios-fluviales en la región puede fortalecer la conectividad entre múltiples países, abriendo espacios para el comercio y la integración productiva y reduciendo el riesgo de escasez o interrupción de las cadenas de suministro.

La segunda alternativa es la integración de los diferentes modos de transporte en sistemas adecuadamente interconectados capaces de explotar las ventajas de cada modo y la infraestructura existente en un único sistema multimodal.

- Informes Técnicos

El almacén del futuro

Derivado de un trabajo colaborativo entre el MIT Center for Transportation & Logistics y la empresa Maersk, Rodríguez y Agmoni (2024), proponen que el futuro de las operaciones logísticas representa un cambio de paradigma en el diseño y operación de almacenes. Es la respuesta de la industria al creciente crecimiento del comercio electrónico, las interrupciones en la cadena de suministro a nivel mundial, incluida la

escasez de mano de obra en almacenes en mercados desarrollados y el aumento de la conciencia sobre el significativo volumen de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) emitidas por los almacenes.

El concepto y las características fundamentales del almacén del futuro se pueden resumir como: un cambio hacia un sistema altamente automatizado e interconectado que aprovecha la automatización y la digitalización para mejorar la precisión, flexibilidad y eficiencia para adaptarse a las tendencias cambiantes del mercado y de la cadena de suministro, integrando la sostenibilidad ambiental junto con la innovación tecnológica (figura 4).

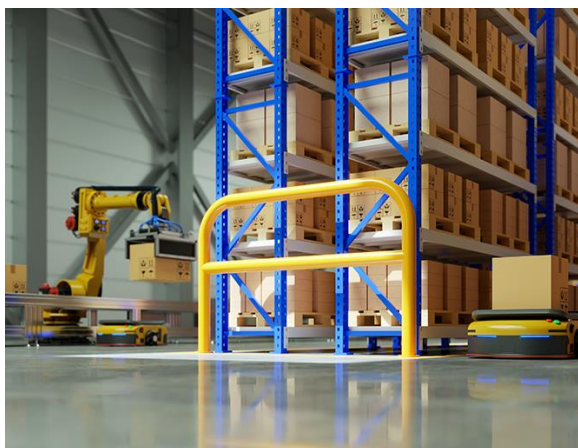


Figura. 4 Sistema de almacén automatizado. Fuente: FORTNA (2024)

La implementación de tecnologías de automatización en almacenes obliga a las empresas a reevaluar sus estrategias de sostenibilidad. Esta reevaluación abarca tanto las emisiones de carbono incorporadas de los materiales utilizados en la automatización de almacenes como el consumo de energía de los nuevos sistemas de automatización, como montacargas eléctricos y sistemas de almacenamiento automatizado (AS/RS, por sus siglas en inglés). Prácticas sostenibles, como la integración de fuentes de energía renovable, como la energía solar y eólica, y el uso de tecnologías más eficientes en energía, son fundamentales para reducir el impacto ambiental de las actividades de almacenamiento.

La sostenibilidad en el almacén abarca una amplia gama de prácticas destinadas a reducir el impacto ambiental de las operaciones del almacén. Estos incluyen la reducción

de la huella de carbono de la instalación mediante la implementación de prácticas de eficiencia energética, el uso de fuentes de energía renovables y el uso eficiente de los suministros. Este esfuerzo multifacético hace que la definición de “almacén sostenible” sea más compleja de lo que podría parecer inicialmente. Desde los materiales utilizados en la construcción hasta las fuentes de energía que alimentan las instalaciones, cada componente desempeña un papel en la sostenibilidad general de este nodo clave de la cadena de suministro. Acorde a los autores del informe referenciado, mejorar la sostenibilidad del almacén requiere un enfoque holístico que ni la investigación ni la práctica han abordado aún.

Los equipos de manejo de materiales (EMM) son un área que ofrece oportunidades para reducir el uso de energía. Por ejemplo, los montacargas eléctricos y los tractores de patio eléctricos (figura 5) presentan varias ventajas sobre los vehículos tradicionales impulsados por diésel, incluidos costos operativos potencialmente más bajos y menores emisiones.



Figura. 5 Equipos eléctricos de manejo de materiales. Fuente: YALE (2024)

instalar los sistemas AS/RS, que contribuye a las emisiones de carbono incorporadas, así como la potencia informática necesaria para ejecutar estas soluciones altamente automatizadas, podrían contrarrestar los posibles beneficios de sostenibilidad.

Una investigación paralela realizada en el MIT CTL fue el de evaluar diferentes soluciones sostenibles para modernizar un almacén, incluidos los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC, por sus siglas en inglés); iluminación; y recolección de agua de lluvia para reducir el consumo de agua, demostrando que los

sistemas HVAC, de los que más contribuyen al consumo de energía en los almacenes, se pueden hacer más eficientes mediante el uso de ventanas inteligentes, ventiladores de alto volumen y baja velocidad (HVLS), calentadores infrarrojos y azoteas blancas, que reflejan la luz del sol. El estudio también encontró que la recolección de agua de lluvia, una solución que puede canalizar el agua recolectada para fines no potables, como jardinería o plomería interna, generará costos más bajos y brindará mayores beneficios de sostenibilidad cuando se incorpore a la construcción inicial del diseño del almacén.

La iluminación LED es otra solución que ha demostrado ser eficaz para reducir el consumo de energía, y algunos estudios muestran una reducción de hasta el 90 % comparada con la iluminación incandescente.

Masterclass: IA para optimizar la cadena de suministro. El caso de éxito de Samsonite.

Durante un evento en línea organizado por el Zaragoza Logistics Center (ZLC), el Dr. Yandel Costa (2024), argumentó como el avance de tecnologías digitales a través de la adquisición de grandes volúmenes de datos, acceso a la información en tiempo real, cómputo en la nube, trazabilidad, entre otros, han permitido el diseño y uso de algoritmos que no solo ayudan a describir, sino a prescribir y predecir acciones de alto impacto en diferentes tipos de sistemas.

Respecto a los algoritmos tradicionales como el del “vecino más cercano”, los algoritmos inteligentes inspirados en la naturaleza de inteligencia artificial (genéticos, inteligencia colectiva, competencia, entre otros) aplicados a sistemas logísticos complejos pueden representar soluciones notables al reducir, por ejemplo, la distancia recorrida en operaciones de distribución, la flota de vehículos, consumo de combustible, y por lo tanto la emisión de gases de efecto invernadero, permitiendo a su vez el cumplimiento de diferentes restricciones como el de las ventanas de tiempo.

Una aplicación real de la IA, llevada a cabo por el autor antes mencionado, para la empresa Samsonite en la ciudad de Santiago de Chile, demostró que la aplicación de un algoritmo bio-inspirado en las colonias de hormigas, logró una reducción del 50 % en la flota de vehículos asignados para la entrega de mercancías, con una reducción del costo del 38 %. Además, el ejercicio de uso de algoritmos bio-inspirados permitieron una

reducción promedio de 24 % de ahorro en costos, 25 % de reducción en número de vehículos asignados y una reducción del 40 % en el tiempo asignado para realizar los cálculos respecto a la forma tradicional.

- Líneas de investigación

Líneas de investigación provenientes de páginas web de universidades seleccionadas de los países con mejor desempeño logístico, acorde al estudio Logistics Performance Index (LPI) desarrollado por el Banco Mundial (2023).

Nanyang Technological University (Singapur)

Diseño de cadena de suministro de extremo a extremo para fabricación aditiva. La fabricación aditiva es una tecnología de fabricación digital emergente que ofrece un diseño de producto innovador y una nueva cadena de suministro de fabricación para las fábricas del futuro. Este proyecto desarrolló modelos para evaluar configuraciones alternativas de la cadena de suministro para permitir la resiliencia. Facilitar nuevas estrategias de diseño de cadenas de suministro para aumentar la adopción de la Fabricación Aditiva (NTU, 2024).

Fraunhofer Institute for Material Flow and Logistics IML (Alemania)

Como instituto líder mundial en investigación logística aplicada, Fraunhofer IML (2024) identificó y definió un total de ocho temas de investigación estratégicos que son importantes para la logística actual, con el fin de superar con éxito los desafíos económicos, ecológicos y sociales del mañana. Entre sus principales líneas de investigación se encuentran:

1. Sistemas de información e infraestructura digital.
2. Sistemas autónomos e integrados.
3. Logística que conserva los recursos y reduce las emisiones.
4. Adaptación de sistemas logísticos.

Kühne Logistics University (Alemania). Center for Sustainable Logistics and Supply Chains (CSLS).

El CSLS es un centro de investigación dedicado a acelerar la transición hacia cadenas de suministro y logística más sostenibles.

Las actividades del CSLS se centran en tres temas relevantes para la logística y las cadenas de suministro sostenibles: (1) descarbonización de la logística, (2) cadenas de suministro de circuito cerrado y economía circular, y (3) sostenibilidad corporativa. Todas las actividades de investigación y divulgación y las actividades del CSLS en el contexto del desarrollo de habilidades abordan al menos uno de estos temas (KLU, 2024).

The University of British Columbia (Canadá). Centre for Transportation Studies (CTS)

El Centro de Estudios del Transporte es un centro de investigación de la Escuela de Negocios Sauder de la Universidad de Columbia Británica. Recientemente, el CTS (2024) se ha embarcado en una importante iniciativa de investigación internacional sobre gobernanza del transporte marítimo ecológico después de haber recibido fondos federales canadienses. En asociación con 20 universidades, así como 19 colaboradores gubernamentales, no gubernamentales y de la industria, este proyecto está desarrollando artículos metodológicos, bases de datos y estudios de casos que examinan la evolución de las iniciativas de gobernanza destinadas a reducir el impacto ambiental de la actividad marítima.

Universidad de Antwerp (Bélgica). Economía del transporte, logística y economía regional (TPR, Transport and Regional Economics).

El TPR de la UAntwerp (2024) se compromete a ser un centro internacional de excelencia para la formación académica fundamental y aplicada, la investigación y la prestación de servicios en economía del transporte, logística y economía regional. Algunos de sus principales proyectos en desarrollo son:

1. Un futuro sostenible para los aeropuertos regionales.
2. Estudio de Sistemas Viales Eléctricos (ERS, por sus siglas en inglés) en el corredor Rotterdam - Amberes.
3. Soluciones de entrega verde cooperativas e interconectadas hacia una era de logística optimizada de última milla con cero emisiones (GREEN-LOG).

Conclusiones

La metodología de vigilancia e inteligencia estratégica permite la obtención de información de manera anticipatoria para una mejor toma de decisiones. En el caso de la industria logística, el futuro inmediato en tendencias de ecoinnovación apuntan hacia la electromovilidad, digitalización y automatización de los procesos, estrategias que coadyuvarían al desarrollo sustentable del sector. Como una línea de investigación a desarrollar que se desprende de los hallazgos encontrados aquí, consideramos que se podría evaluar si el consumo energético de las nuevas tecnologías habilitadoras no es contraproducente al ahorro energético derivado del incremento en productividad de los procesos logísticos.

Referencias

- Aceves, C. (2020). Estrategias de logística sustentable para combatir el cambio climático. <https://thelogisticsworld.com/planeacion-estrategica/estrategias-de-logistica-sustentable-para-combatir-el-cambio-climatico/>
- ATLAS (2021). Will airships and zeppelins get another chance? <https://atlas-ita.com/airships/>
- Banco Mundial (2023). The Logistics Performance Index. The World Bank. <https://lpi.worldbank.org/>
- BIEE (2024). Base de indicadores de eficiencia energética. Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. <https://www.biee-conuee.net>
- CEPAL (2017). Ecoinnovación y producción verde. Una revisión sobre las políticas de América Latina y el Caribe. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/40968-ecoinnovacion-produccion-verde-revision-politicas-america-latina-caribe>
- Costa, Y. (21 de marzo de 2024). IA para optimizar la cadena de suministro: El caso de éxito de Samsonite [Masterclass]. Zaragoza Logistics Center, Zaragoza, España.
- CTS (2024). CTS Research. Centre for Transportation Studies. <https://www.sauder.ubc.ca/thought-leadership/research-outreach-centres/centre-transportation-studies>

- ECLAC (2023). Trade facilitation in Latin America and the Caribbean: formalities, infrastructure and logistics. FAL Bulletin 399.
<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/8ba49858-d42d-43b0-917e-4e1f1aeab435/content>
- Fraunhofer IML (2024). Strategic research Topics.
<https://www.iml.fraunhofer.de/en/strategic-research-topics.html>
- FORTNA (2024). Six Steps to a Successful Robotics Integration.
https://www.fortna.com/insights-resources/six-steps-to-a-successful-robotics-integration/?_gl=1*p1amk3*_up*MQ..&gclid=EAlalQobChMluvikubGYhwMVeHF_AB19zwrhEAAYASAAEgJdlPD_BwE
- Future Today Institute (2024). Tech Trend Report. <https://futuretodayinstitute.com/>
- Global Logistics Cluster (2024). Logística Sostenible.
<https://log.logcluster.org/es/logistica-sostenible>
- Hexaware (2019). Phygital Retail and the New Age IT Infrastructure Services.
<https://hexaware.com/wp-content/uploads/2019/10/phygital-retail-and-the-new-age-it-infrastructure-services-1.pdf>
- KLU (2024). Center for Sustainable Logistics and Supply Chains (CSLS). Kühne Logistics University. <https://www.klu.org/faculty-research/research-collaboration/research-centers/center-for-sustainable-logistics-and-supply-chains-csls>
- MINCYT (2015). Guía Nacional de Vigilancia e Inteligencia Estratégica, VeIE: buenas prácticas para generar sistemas territoriales de gestión de VeIE. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, Argentina. <https://ctplas.com.uy/wp-content/uploads/2018/10/guia-nacional-de-vigilancia-e-inteligencia-estrategica.pdf>
- Nidhi Kalra, Edmundo Molina-Perez, James Syme, Fernando Esteves, Hermilo Cortés, Mateo Tonatiuh Rodríguez-Cervantes, Víctor Manuel Espinoza-Juárez, Marcela Jaramillo, Claudio Alatorre, Marco Buttazzoni, Adrien Vogt-Schilb, (2023). *Costos*

y beneficios de lograr la carbono-neutralidad en América Latina y el Caribe. p. cm. — (Monografía del BID; 1159)

NTU (2024). NTU Research. Nanyang Technological University.
<https://www.ntu.edu.sg/research>

OVTT (n.d.). #MOOCVT. Observatorio Virtual de Transferencia Tecnológica, Universidad de Alicante, España. <https://moocvt.ovtt.org/>

Quicktron (2024). Shelf To Person Picking. <https://www.quicktron.com/solutions/shelf-to-person>

Rodríguez, M. y Agmoni, E. (2024). The warehouse of the future. Toward Highly Automated, Interconnected, Sustainable Warehouses. MIT Center for Transportation & Logistics. <https://ctl.mit.edu/pub/report/warehouse-future>

Schiederig, T., Tietzer, F., & Herstatt, C. (2012). “Green innovation in technology and innovation management – an exploratory literature review”, *R&D Management*, (42), pp. 180–192

StartUS (2024). Disruptive Logistics Industry Opportunities. <https://www.startus-insights.com/logistics-industry/>

UAntwerp (2024). Transport and Regional Economics. Universidad de Antwerp.
<https://www.uantwerpen.be/en/research-groups/transport-and-regional-economics/research/projects/>

WEF Intelligence (2024). Topics. <https://intelligence.weforum.org/search>

YALE (2024). Electric Forklift Trucks. <https://www.yale.com/en-us/north-america/electric-forklift-trucks/>