



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUYO

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES

**“EL IMPACTO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA
OPTIMIZACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO Y LA LOGÍSTICA:
UN ANÁLISIS DE COMPETITIVIDAD Y EFICIENCIA OPERATIVA EN EL
COMERCIO INTERNACIONAL”.**

PLAN TRABAJO FINAL PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN COMERCIO INTERNACIONAL

Elaborada por Ortiz Becerra, María Nazareth

Director *CORIA A, Cesar Javier*

**TRABAJO FINAL DE LA CARRERA LICENCIATURA EN
COMERCIO INTERNACIONAL**

Aprobada por el tribunal examinador reunido al efecto, en San Juan el día
del mes de 2025.

Calificación obtenida:

Certificación de los Integrantes del Jurado		
Director del Trabajo Final	Apellido y Nombre	Firma
Jurado		
Jurado		
Jurado		

.....

Firma del Alumno

Observaciones: Puede ser recomendada para publicación, para presentación
en congresos, para obtención de patente, para utilización en organismos públicos,
entre otros.

DEDICATORIA

A mi Kobe, mi compañero de cuatro patas, que me elige día a día. A Sisu, que creció conmigo, y aunque ya no esté, se desveló y me acompañó cada tarde y noche de estudio. A Oliver, Raspy, Nino, Gringo, Chimuelo y Juansi que se encargaron de distraerme cada vez que necesitaba un respiro, mis mascotas, que, aunque no logre romper las barreras del idioma que les permitan comprender esto, quiero plasmar lo importantes que fueron ellos para mí, y que siempre, cuando necesitaba una mano, sus patitas siempre estuvieron ahí.

A mi papá y mamá, por sus sacrificios, por su paciencia, por brindarme los cimientos donde puedo construir mis sueños, quienes me enseñaron sus valores y virtudes, que las cosas se ganan con esfuerzo y constancia.

A mi hermano, que a pesar de que no hablemos mucho, yo no sería quien soy hoy de no ser por él.

A Valentín, mi mejor amigo, mi pareja, que ha presenciado cada forma, etapa, sentimiento, y aún así decide quedarse. Gracias por tu amor, por tu dedicación, por ser mi motivación a diario, por hacer del futuro un lugar al que le tengo menos miedo si estás conmigo.

Ortiz Becerra, M. Nazareth.

Índice General

I. ENFOQUE METODOLÓGICO	6
1.1. Justificación	6
1.2. Marco teórico.....	7
1.3. Objetivos.....	10
1.3.1. Objetivo general	10
1.3.2. Objetivos específicos.....	10
1.4. Metodología.....	11
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	13
2.1. La Inteligencia Artificial: Conceptos Fundamentales	13
2.2. Evolución de la Logística y la Cadena de Suministro	15
2.3. Aplicaciones de la IA en la Logística.....	19
2.3.1. Previsión de Demanda.....	20
2.3.2. Optimización de Rutas.....	23
2.3.3. Automatización de Procesos Internos.....	29
2.4. Beneficios Estratégicos de la IA en la Logística	34
III. CASO DE ESTUDIO	38
3.1. Estado Actual de la Implementación de IA en Logística	38
3.2. Caso de Estudio	41
3.2.1 Mercado Libre	41
IV. IDENTIFICACIÓN DE BARRERAS Y DESAFÍOS	53

4.1. Barreras Económicas	54
4.2. Barreras Tecnológicas	59
4.3. Barreras Culturales y Organizativas	62
4.4. Estrategias para Superar los Obstáculos	65
V. IMPACTO DE LA IA EN LA COMPETITIVIDAD.....	69
5.1. Introducción.....	69
5.2. Aspectos de Mejora	71
5.2.1. Eficiencia Operativa	71
5.2.2. Optimización de Costos y Uso de Recursos.....	74
5.2.3. Satisfacción del Cliente y Sostenibilidad	75
5.2.4. Adaptabilidad y Resiliencia de las Operaciones.....	77
VI. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES	79
ANEXOS.....	86
A. Entrevista estructurada — Arcor.....	86
B. Entrevista estructurada – Mercado Libre (MELI).....	89
C. Entrevista estructurada — Crane Worldwide Logistics.....	92
D. Entrevista estructurada — SURMAT SRL	95
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97

RESUMEN

La Inteligencia Artificial (IA) está transformando la logística y la cadena de suministro, posicionándose como una herramienta clave para optimizar la eficiencia operativa, reducir costos y aumentar la competitividad en el comercio internacional. Esta tecnología permite predecir demandas, optimizar rutas de transporte y automatizar procesos en almacenes, mejorando la precisión en las operaciones y reduciendo el desperdicio. Sus aplicaciones han sido adoptadas exitosamente por empresas líderes en el mundo demostrando su capacidad para enfrentar desafíos complejos en mercados dinámicos. Sin embargo, la implementación de sistemas inteligentes enfrenta barreras significativas, como los altos costos iniciales, la falta de personal capacitado y la resistencia cultural al cambio.

Este trabajo explora cómo la IA transforma los procesos logísticos, identificando tanto sus beneficios como los desafíos de su adopción, y subraya la importancia de estrategias que permitan maximizar su impacto en cadenas de suministro más eficientes y resilientes.

I. ENFOQUE METODOLÓGICO

1.1. Justificación

Con el objeto de cumplir con los requisitos establecidos por la Universidad Católica de Cuyo, para obtener el título de grado en la Licenciatura en Comercio Internacional, se realiza el siguiente proyecto de investigación a los efectos de ser presentado como tesis de grado. El propósito central es el análisis de los beneficios de la aplicación de la Inteligencia Artificial en la optimización de la cadena de suministro y logística, identificando su impacto en la eficiencia operativa y la competitividad de las empresas del sector de comercio internacional.

En un entorno de globalización acelerada, las cadenas de suministro y los sistemas logísticos se han convertido en pilares fundamentales de la competitividad empresarial. Las empresas modernas enfrentan desafíos crecientes, como la volatilidad del mercado, las interrupciones en la cadena de suministro y las expectativas de sostenibilidad y eficiencia por parte de los consumidores y socios comerciales. En este contexto, los sistemas inteligentes se posicionan como una herramienta transformadora capaz de abordar estos desafíos, mejorando la precisión en la toma de decisiones, optimizando recursos y reduciendo costos operativos.

Esta nueva inteligencia digital permite analizar grandes volúmenes de datos en tiempo real para generar predicciones más precisas y adoptar decisiones estratégicas más informadas. En logística, esto incluye desde la previsión de la demanda hasta la planificación óptima de rutas y la gestión inteligente de inventarios, áreas críticas para garantizar el flujo continuo de bienes y servicios. Estas innovaciones no solo mejoran la eficiencia operativa, sino que también contribuyen a reducir el impacto ambiental al minimizar los desperdicios y optimizar el uso de recursos.

Además, los casos de éxito de empresas líderes globales destacan la capacidad de la IA para transformar los modelos de negocio, integrando tecnologías como el Big Data y la automatización avanzada en la logística. Estas compañías han demostrado cómo las herramientas digitales pueden incrementar significativamente la competitividad en mercados altamente dinámicos y exigentes.

Sin embargo, el éxito en la implementación de estas tecnologías de predicción avanzada no está exento de desafíos. Las empresas enfrentan barreras significativas como la falta de habilidades técnicas especializadas, los altos costos iniciales de inversión en tecnología y las limitaciones culturales y organizativas para adoptar soluciones innovadoras. Estas barreras destacan la importancia de investigar y desarrollar estrategias prácticas para superar estos obstáculos y maximizar los beneficios potenciales de la integración de automatización avanzada en el sector.

Este proyecto busca ofrecer una contribución integral a la academia y la práctica empresarial al analizar el impacto de algoritmos avanzados en la logística y la cadena de suministro desde una perspectiva multifacética. El análisis no solo se centra en los beneficios tangibles de estas tecnologías, sino que también evalúa las implicancias a largo plazo para la sostenibilidad y competitividad en un mercado global en constante evolución. Este enfoque permitirá generar recomendaciones sólidas para el diseño de estrategias que potencien la transformación digital en las empresas del sector, promoviendo una logística más eficiente, resiliente y competitiva.

De esta manera, el presente trabajo no solo cumple con un propósito académico, sino que también aborda problemas reales de relevancia práctica, contribuyendo a una mejor comprensión de cómo las tecnologías emergentes están remodelando las dinámicas de comercio internacional y logística.

1.2. Marco teórico

La Inteligencia Artificial (IA) representa una de las innovaciones tecnológicas más disruptivas de las últimas décadas, marcando un cambio paradigmático en la manera en que las empresas gestionan sus cadenas de suministro y operaciones logísticas. Según Russell y Norvig (2020), definen a la misma como la capacidad de los sistemas para emular funciones humanas como el aprendizaje, la planificación y la toma de decisiones, basándose en datos para maximizar la efectividad de sus resultados.

En el contexto de la logística y la cadena de suministro, estas capacidades son esenciales para abordar desafíos como la fluctuación de la demanda, la optimización de rutas de transporte y la gestión dinámica de inventarios (Krahmer, 2024; Minetti et al., 2024).

Se define así a la logística como la gestión eficiente del flujo de bienes, servicios e información a través de la cadena de suministro, donde enfrenta retos significativos en un entorno globalizado. Según Chopra y Meindl (2008), la cadena de suministro involucra todas las actividades necesarias para transformar materias primas en productos terminados y entregarlos al consumidor final. Sin embargo, factores como la creciente complejidad de las operaciones, las demandas de sostenibilidad y los impactos de eventos globales, como la pandemia de COVID-19, han resaltado la importancia de adoptar tecnologías avanzadas para garantizar la resiliencia operativa y competitividad (Sánchez Suárez et al., 2021; Cárdenes, 2022).

La implementación de estos sistemas de procesamiento inteligente ha transformado la logística al introducir herramientas avanzadas de análisis y automatización que mejoran la eficiencia operativa. Una de las aplicaciones más destacadas de dicha tecnología es la previsión de la demanda, que utiliza algoritmos de Machine Learning (aprendizaje automático) para identificar patrones en datos históricos y actuales, permitiendo a las empresas ajustar sus estrategias de inventarios y producción con mayor precisión (Cárdenes, 2022; Minetti et al., 2024). Esto no solo reduce el desperdicio, sino que también mejora la experiencia del cliente al garantizar la disponibilidad de productos en el momento y lugar adecuados.

Dentro del Machine Learning, una de las ramas más avanzadas es el Deep Learning (aprendizaje profundo), que utiliza redes neuronales artificiales de múltiples capas para procesar grandes volúmenes de datos no estructurados. Su aplicación en la logística se ha visto reflejada en sistemas de predicción más sofisticados, en el reconocimiento de patrones complejos en la demanda y en la optimización dinámica de inventarios y rutas (Goodfellow et al., 2016).

Asimismo, esto ha revolucionado la planificación de rutas logísticas. Mediante la integración de modelos predictivos y optimizados, es posible calcular trayectos que minimicen costos y tiempos de transporte, incrementando tanto la eficiencia como la sostenibilidad de las operaciones. Este enfoque es particularmente valioso en sectores donde los márgenes operativos son estrechos y la rapidez en las entregas es un diferenciador competitivo clave (Krahmer, 2024; Salto et al., 2024).

Otra área donde la IA ha tenido un impacto significativo es en la automatización de procesos dentro de los almacenes. En ella se utilizan sistemas basados en visión

artificial, que combinan cámaras, sensores y algoritmos de reconocimiento visual que permiten supervisar mercancías, verificar la calidad de productos y controlar el flujo de inventarios en tiempo real. Estas soluciones reducen errores humanos, mejoran la trazabilidad y potencian la eficiencia operativa (Liu et al., 2023).

Del mismo modo, los chatbots y asistentes virtuales basados en tecnologías inteligentes han cobrado relevancia en la gestión logística y de comercio internacional. Estas herramientas facilitan la comunicación entre clientes, proveedores y operadores logísticos, resolviendo consultas de manera automatizada, gestionando pedidos y brindando soporte de forma ininterrumpida. Según Fernández y Ramírez (2022), su uso contribuye a mejorar la experiencia del cliente, reducir costos administrativos y optimizar los tiempos de respuesta en entornos de alta competitividad.

A pesar de sus numerosos beneficios, la adopción de esta tecnología no está exenta de desafíos. Según Sánchez Suárez et al. (2021), los altos costos iniciales de implementación y la falta de personal capacitado son barreras significativas para muchas organizaciones, especialmente aquellas en mercados emergentes. Además, la resistencia cultural al cambio y la falta de infraestructura tecnológica adecuada complican aún más el panorama. Estas limitaciones resaltan la necesidad de estrategias efectivas que incluyan la capacitación de talento humano y la creación de entornos que favorezcan la innovación tecnológica (Cárdenes, 2022; Krahmer, 2024).

Empresas líderes han demostrado cómo la integración de la IA puede transformar los modelos de negocio, estableciendo estándares de eficiencia y servicio en la industria logística. Estas organizaciones han aprovechado la capacidad de dicha tecnología para gestionar operaciones altamente complejas, optimizando desde la previsión de la demanda hasta la distribución en última milla. Este nivel de innovación ha posicionado a estas compañías como referentes globales en la implementación exitosa de la misma (Minetti et al., 2024).

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Analizar el impacto de la Inteligencia Artificial en la optimización de la cadena de suministro y la logística en empresas del sector de comercio internacional.

1.3.2. Objetivos específicos

- Describir el estado actual de la integración de herramientas de Inteligencia Artificial en la logística y la cadena de suministro en empresas del sector de comercio internacional.
- Analizar los conceptos de cadena de suministro y logística, identificando sus puntos críticos y áreas susceptibles de mejora mediante la implementación de tecnologías basadas en Inteligencia Artificial.
- Identificar las áreas clave donde la Inteligencia Artificial ha generado beneficios significativos.
- Evaluar las barreras y desafíos enfrentados por las empresas en la adopción de tecnologías de Inteligencia Artificial, considerando factores económicos, tecnológicos y culturales.

1.4. Metodología

La metodología adoptada para este trabajo es de tipo descriptivo-analítico, con el objetivo de examinar el impacto de la Inteligencia Artificial (IA) en la optimización de la logística y la cadena de suministro en el comercio internacional. Se desarrollará bajo un diseño no experimental, analizando datos e información previamente disponibles sin manipular variables. Este enfoque resulta adecuado para identificar patrones, evaluar impactos y proporcionar un análisis integral basado en evidencia documental y casos prácticos.

En primer lugar, se llevará a cabo una revisión documental exhaustiva de literatura científica, informes técnicos y estudios de caso relacionados con la implementación de sistemas inteligentes en la logística. Las fuentes incluirán libros, artículos de revistas indexadas, tesis y conferencias académicas. Esta fase inicial permitirá identificar los beneficios, desafíos y aplicaciones clave de la IA en el sector logístico.

Posteriormente, se procederá con un análisis, examinando un caso práctico de una empresa reconocida, que ha integrado mencionada tecnología en sus operaciones logísticas y en su cadena de suministro. Este análisis evaluará los impactos de estas tecnologías en términos de eficiencia operativa, reducción de costos y mejora de la competitividad empresarial, utilizando métricas como los tiempos de entrega, la precisión en la gestión de inventarios y los ahorros en costos operativos.

De manera complementaria, se llevarán a cabo entrevistas estructuradas a cuatro encargados del área de logística y de producción pertenecientes a empresas exportadoras de la provincia de San Juan y de Argentina, con el fin de confirmar el grado de utilización de IA en los procesos logísticos y de cadena de suministro. El cuestionario estará diseñado para indagar no solo si las organizaciones emplean este tipo de tecnologías, sino también qué modalidades de sistemas inteligentes utilizan (por ejemplo, machine learning, deep learning, visión artificial, chatbots o asistentes virtuales) y cuáles son los beneficios y barreras, incluyendo factores económicos, tecnológicos y culturales que experimentan en su implementación. Los resultados permitirán contrastar la evidencia documental con percepciones y experiencias reales del sector empresarial, enriqueciendo el análisis con datos primarios. En base a ello se

podrá analizar y comparar las estrategias implementadas por las organizaciones para superar dichos desafíos, extrayendo conclusiones aplicables a diversos contextos tanto a nivel regional como global.

La investigación se sustentará en una combinación de revisión bibliográfica, entrevistas estructuradas, análisis de estudio de caso y análisis cualitativo. Se utilizarán textos académicos, artículos en bases de datos como Scopus y Google Scholar, y reportes de organismos especializados para garantizar una base documental sólida. Los casos prácticos servirán para ilustrar cómo la implementación de dicha tecnología ha transformado operaciones logísticas en diferentes sectores. A través del análisis cualitativo, los datos recopilados serán interpretados para identificar tendencias, patrones y desafíos.

Finalmente, se sintetizan los hallazgos obtenidos para formular conclusiones sobre los aportes de nuevas tecnologías de pensamiento inteligente al sector logístico. A partir de este análisis, se desarrollarán recomendaciones dirigidas a empresas y profesionales interesados en implementar estas tecnologías para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de sus cadenas de suministro.

El alcance de esta investigación se centra en el análisis teórico y práctico de la implementación de IA en la logística, con énfasis en empresas exportadoras. Entre las limitaciones se encuentra la dependencia de información secundaria y la falta de acceso a datos confidenciales de empresas específicas, lo cual se mitigará mediante el uso de respuestas obtenidas y triangulación de fuentes para validar los resultados y garantizar un marco de análisis robusto.

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. La Inteligencia Artificial: Conceptos Fundamentales

La Inteligencia Artificial (IA) es una de las disciplinas más dinámicas y transformadoras de la ciencia moderna, caracterizada por su capacidad para diseñar sistemas que pueden simular procesos cognitivos humanos, tales como el aprendizaje, el razonamiento, la percepción y la toma de decisiones. Este campo, que combina principios de la informática, las matemáticas y las ciencias cognitivas, se ha convertido en un motor clave de innovación en numerosos sectores económicos, incluyendo la logística y la cadena de suministro (Russell & Norvig, 2020).

Desde su conceptualización en la década de 1950, la tecnología cognitiva ha evolucionado significativamente, pasando de sistemas simples basados en reglas a enfoques avanzados como el aprendizaje automático (machine learning) y las redes neuronales profundas (deep learning). Estas técnicas modernas permiten a los sistemas aprender y adaptarse de forma autónoma, basándose en grandes volúmenes de datos y modelos complejos. Según Goodfellow et al. (2016), esta capacidad de "aprender de los datos" ha sido un factor crítico en el éxito reciente de dicha tecnología, especialmente en entornos dinámicos y complejos como los que caracterizan a la logística.

En términos generales, la IA puede clasificarse en tres niveles: IA débil, IA fuerte e IA general. La IA débil, que domina actualmente, está diseñada para realizar tareas específicas, como el reconocimiento de patrones o la optimización de procesos. Por otro lado, la IA fuerte se refiere a sistemas que pueden igualar la capacidad cognitiva humana, mientras que la IA general aspira a superar estas capacidades, lo que sigue siendo un objetivo especulativo y lejano (Goodfellow et al., 2016; Chollet, 2019).

Uno de los pilares conceptuales de esta inteligencia es su capacidad para modelar y procesar problemas de optimización. En logística, estos problemas incluyen la asignación de recursos, la planificación de rutas y la previsión de la demanda, todos ellos fundamentales para garantizar la eficiencia y la rentabilidad en las cadenas de

suministro. Según Domingos (2015), el sistema inteligente mencionado no solo resuelve estos problemas con mayor rapidez que los métodos tradicionales, sino que también identifica soluciones que a menudo pasan desapercibidas para los analistas humanos, aprovechando su capacidad para explorar grandes conjuntos de datos y variables interdependientes.

En el contexto académico y científico, el aprendizaje artificial ha sido conceptualizada a través de múltiples enfoques, desde sistemas basados en reglas hasta modelos estadísticos complejos. Stuart y Norvig (2020) destacan cuatro enfoques principales: pensar como humanos, actuar como humanos, pensar racionalmente y actuar racionalmente. Estos enfoques subrayan la naturaleza interdisciplinaria del aprendizaje artificial, integrando elementos de psicología cognitiva, filosofía y ciencias de la computación.

Uno de los avances más significativos en los sistemas contemporáneos es el desarrollo de algoritmos de aprendizaje profundo (deep learning), que utilizan redes neuronales artificiales para procesar grandes volúmenes de datos de manera eficiente. Según LeCun et al. (2015), estas redes son particularmente efectivas en tareas que requieren reconocimiento de patrones complejos, como el análisis de imágenes y el procesamiento del lenguaje natural, lo que las hace esenciales para aplicaciones logísticas avanzadas.

El impacto de la IA en la industria logística se refleja en su capacidad para transformar las operaciones a nivel operativo y estratégico. Este sistema ha permitido a las empresas anticipar fluctuaciones en la demanda, optimizar el uso de sus recursos y mejorar la experiencia del cliente. Según el Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial de Stanford (2021), el uso de algoritmos predictivos en la logística ha reducido los costos operativos hasta en un 25 %, además de mejorar los tiempos de respuesta en un 30 %.

En términos conceptuales, estos modelos también se enfrentan a desafíos importantes que influyen en su adopción y efectividad. La ética y la transparencia en los algoritmos son áreas de creciente preocupación, especialmente en contextos donde las decisiones automatizadas pueden tener implicaciones significativas para las personas y las organizaciones. Según Binns (2018), el sesgo en los datos y las

decisiones opacas de los sistemas de IA representan riesgos críticos que deben ser abordados mediante marcos regulatorios claros y mejores prácticas de diseño.

Desde una perspectiva técnica, la implementación de dichas tecnologías requiere una infraestructura robusta y un enfoque interdisciplinario. Esto incluye la integración de tecnologías complementarias como la computación en la nube y la internet de las cosas (IoT), que permiten recopilar y procesar datos en tiempo real. Además, el éxito de los sistemas automatizados depende de la calidad de los datos, ya que modelos mal entrenados pueden generar resultados subóptimos o incluso perjudiciales (Domingos, 2015).

En conclusión, la Inteligencia Artificial no solo representa un avance técnico, sino también un cambio conceptual en la forma en que las empresas y las organizaciones abordan problemas complejos. Su capacidad para aprender, adaptarse y mejorar con el tiempo la convierte en una herramienta indispensable para sectores dinámicos como la logística. Sin embargo, su implementación requiere un enfoque reflexivo que considere no solo los beneficios operativos, sino también las implicaciones éticas y organizativas a largo plazo.

2.2. Evolución de la Logística y la Cadena de Suministro

Un hito intelectual que ayuda a entender la digitalización actual de la logística es la obra de Alan M. Turing, frecuentemente considerado el “padre” de la inteligencia artificial. En 1936, Turing formuló el concepto de máquina universal —modelo teórico capaz de ejecutar cualquier procedimiento computable— y con ello sentó las bases de la programabilidad general que hoy subyace a los sistemas de planificación, seguimiento y optimización en cadena de suministro (Turing, 1936; Copeland, 2004). Años más tarde, planteó la célebre pregunta “¿pueden las máquinas pensar?” y propuso el ensayo operativo que luego conoceríamos como “Test de Turing” (Turing, 1950), abriendo un campo de reflexión que, décadas después, cristalizaría en algoritmos capaces de aprender patrones de demanda, optimizar rutas y automatizar decisiones operativas.

En el plano histórico y práctico, su trabajo durante la Segunda Guerra Mundial en Bletchley Park ilustra de manera temprana cómo la automatización y el razonamiento algorítmico tienen consecuencias logísticas tangibles. Turing contribuyó

al diseño y la lógica de las Bombas —máquinas electro-mecánicas que aceleraban la búsqueda de claves para descifrar mensajes cifrados por Enigma—, un esfuerzo de inteligencia que redujo drásticamente los tiempos de análisis (Hodges, 2012; Welchman, 1982). La información resultante, conocida como Ultra, permitió a las autoridades navales reconfigurar rutas de convoyes, asignar escoltas y programar abastecimientos con mejores probabilidades de éxito, incidiendo directamente en la supervivencia del tráfico marítimo y en la fluidez de los suministros durante la Batalla del Atlántico (Hinsley & Stripp, 1993). En términos modernos, puede verse como un antecedente de la integración datos-decisión: capturar señales críticas, procesarlas con “máquinas” y traducirlas en acciones logísticas (re-ruteo, priorización, sincronización) bajo alta presión operativa.

El legado de Turing conecta, así, fundamentos teóricos (lo que hoy permite que existan sistemas programables y escalables) con impacto operativo (usar cómputo para decidir mejor y más rápido en redes complejas). La transición desde la decodificación en tiempo casi real de mensajes críticos a la actual analítica predictiva y prescriptiva —pronósticos de demanda, ruteo dinámico, reposición automatizada— refleja una misma lógica: formalizar problemas, representarlos en máquinas y orquestar decisiones para ganar eficiencia, resiliencia y velocidad en la cadena de suministro contemporánea.

Es así como la logística y la cadena de suministro han experimentado transformaciones profundas a lo largo de la historia, reflejando cambios en los sistemas económicos, las tecnologías y las dinámicas del comercio global. Estos conceptos, que inicialmente se centraban en la gestión eficiente del transporte y almacenamiento, han evolucionado hasta convertirse en pilares estratégicos para la competitividad de las empresas en un mundo globalizado. Según Chopra y Meindl (2016), la cadena de suministro abarca todas las actividades involucradas en la producción y distribución de bienes y servicios, desde la adquisición de materias primas hasta la entrega al consumidor final. Esta visión holística ha llevado a la integración de tecnologías avanzadas y metodologías innovadoras que buscan optimizar cada eslabón del proceso.

La evolución de la logística puede dividirse en varias etapas marcadas por avances tecnológicos y cambios en las prioridades organizativas. Durante los primeros años del siglo XX, la logística se limitaba principalmente a actividades tácticas

relacionadas con el transporte y el almacenamiento. La falta de herramientas tecnológicas avanzadas y la ausencia de un enfoque sistemático limitaban su impacto estratégico en las operaciones empresariales. Sin embargo, la Segunda Guerra Mundial marcó un punto de inflexión en la historia de la logística, ya que la necesidad de movilizar recursos en contextos complejos llevó al desarrollo de métodos más estructurados y eficaces para la gestión del transporte, los inventarios y las redes de distribución (Christopher, 2016).

Con el auge del comercio internacional en las décadas de 1950 y 1960, la logística comenzó a ser reconocida como un componente esencial para la competitividad empresarial. El concepto de "gestión de la cadena de suministro" emergió como una extensión de la logística, enfocándose en la integración de procesos a lo largo de toda la red de valor. Según Mentzer et al. (2001), esta evolución reflejó un cambio en la mentalidad organizativa, pasando de la optimización de funciones individuales a la búsqueda de sinergias entre diferentes actores y procesos dentro de la cadena de suministro.

El desarrollo de tecnologías de la información durante las décadas de 1980 y 1990 permitió una mayor visibilidad y control sobre las operaciones logísticas. La introducción de sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP) y tecnologías como el código de barras y los sistemas de seguimiento en tiempo real revolucionaron la forma en que las empresas gestionaban sus cadenas de suministro. Estos avances no solo mejoraron la precisión y la eficiencia, sino que también facilitaron la toma de decisiones basada en datos, permitiendo a las empresas responder de manera más ágil a los cambios en la demanda (Lambert & Cooper, 2000).

El impacto de la globalización en la logística y la cadena de suministro fue especialmente significativo durante las últimas décadas del siglo XX. La apertura de mercados y la deslocalización de la producción llevaron a la creación de redes logísticas más complejas y extendidas geográficamente. Este fenómeno aumentó la dependencia de las empresas en la coordinación efectiva de actividades a lo largo de múltiples zonas horarias y contextos culturales, lo que subrayó la importancia de estrategias logísticas integradas y adaptables (Christopher, 2016).

En el siglo XXI, la logística ha evolucionado hacia un enfoque más estratégico, impulsado por avances tecnológicos como la inteligencia artificial, la automatización

y el internet de las cosas (IoT). Estos desarrollos han permitido la creación de cadenas de suministro inteligentes que combinan datos en tiempo real, análisis predictivos y capacidades automatizadas para optimizar cada aspecto de las operaciones logísticas. Según el Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial de Stanford (2021), estas tecnologías han reducido los tiempos de entrega en un 40 % y los costos operativos en un 30 %, proporcionando a las empresas una ventaja competitiva significativa.

El concepto de sostenibilidad también ha ganado protagonismo en la evolución de la logística y la cadena de suministro. La presión por reducir el impacto ambiental ha llevado a las empresas a adoptar prácticas más sostenibles, como la optimización de rutas para reducir las emisiones de carbono, la implementación de materiales de embalaje reciclables y el uso de energías renovables en las operaciones logísticas. Según Sarkis (2021), estas iniciativas no solo contribuyen a la sostenibilidad ambiental, sino que también generan beneficios económicos al mejorar la eficiencia operativa y fortalecer la reputación corporativa.

A pesar de estos avances, la logística y la cadena de suministro enfrentan desafíos significativos en el contexto actual. La pandemia de COVID-19 destacó la fragilidad de las cadenas de suministro globales, exponiendo vulnerabilidades en áreas como la dependencia de proveedores únicos, la falta de visibilidad en tiempo real y la rigidez en las estructuras logísticas. Según Kilpatrick y Barter (2020), estos desafíos han acelerado la adopción de tecnologías avanzadas y enfoques más resilientes en la gestión de la cadena de suministro.

Un aspecto clave en la evolución de la logística ha sido la transición de un enfoque puramente reactivo a un enfoque proactivo y predictivo. Las empresas modernas no solo buscan responder a los cambios en la demanda, sino también anticiparse a ellos mediante el uso de herramientas analíticas avanzadas y modelos de simulación. Esta capacidad para prever escenarios futuros y adaptar estrategias en consecuencia ha sido un factor determinante en el éxito de las cadenas de suministro más competitivas (Christopher, 2016).

Además, la colaboración y la integración entre los diferentes actores de la cadena de suministro han adquirido una importancia estratégica. Según Lambert y Cooper (2000), las empresas que invierten en relaciones sólidas con sus socios comerciales logran una mayor flexibilidad y resiliencia frente a las interrupciones del

mercado. La digitalización de las cadenas de suministro ha facilitado esta colaboración, proporcionando plataformas compartidas para la comunicación y la toma de decisiones en tiempo real.

2.3. Aplicaciones de la IA en la Logística

Los nuevos modelos de arquitecturas inteligentes se han consolidado como habilitadores transversales de la modernización logística, integrando capacidades de *machine learning*, *deep learning* y optimización matemática para predecir, decidir y ejecutar con mayor precisión a lo largo de toda la cadena de suministro y logística. En un entorno caracterizado por la volatilidad de la demanda, la fragmentación de canales y la presión por costos y servicio, los sistemas inteligentes permiten reducir la incertidumbre operativa, acelerar los ciclos de planificación y convertir grandes volúmenes de datos en acciones concretas (Christopher, 2016; Russell & Norvig, 2020).

Más allá de la automatización puntual, la IA reconfigura el modelo operativo al combinar pronósticos de corto y mediano plazo con decisiones tácticas y de ejecución en tiempo casi real. Esto se traduce en mejoras en nivel de servicio (entregas más rápidas y confiables), eficiencia de activos (mejor utilización de transporte y almacenamiento) y productividad (menos reprocesos y tiempos muertos), a su vez, de forma sincronizada potencia iniciativas de sostenibilidad (menos kilómetros recorridos y menor desperdicio), trazabilidad y resiliencia ante disrupciones (Christopher, 2016; Ivanov & Dolgui, 2020). En términos tecnológicos, estas capacidades descansan en infraestructuras de datos y nube, sensores e Internet de las Cosas (IoT), visión por computadora en centros de distribución, y plataformas analíticas que habilitan *control towers* y *digital twins* de la red (World Economic Forum, 2019).

Desde una perspectiva funcional, las aplicaciones de algoritmos avanzados abarcan la previsión de la demanda como modelos que integran estacionalidad, promociones y señales externas; la planificación y optimización de rutas como la asignación dinámica considerando ventanas horarias, tráfico y capacidad; la gestión de inventarios como son el reposicionamiento y *demand sensing* para acercar el producto al punto de consumo; la automatización intralogística haciendo referencia a la clasificación, *picking* y control de calidad con visión artificial y robótica, el pricing y

retail media donde se produce la personalización y ranking de resultados para elevar la conversión; y la seguridad y cumplimiento donde la detección temprana de fraude y anomalías operativas se vuelven esenciales (Chopra & Meindl, 2016; Goodfellow et al., 2016). Es así que la efectividad de estas soluciones depende, a su vez, de gobierno de datos, talento especializado y una gestión del cambio que alinee procesos, métricas (KPI) y tecnología.

En síntesis, la IA no sustituye las buenas prácticas logísticas sino que las potencia. Al integrarse con marcos de gestión y mejora continua, contribuye a elevar la precisión de las decisiones, acortar plazos y fortalecer la propuesta de valor frente a clientes y socios de la cadena, sentando las bases para cadenas de suministro más ágiles, eficientes y resilientes (Christopher, 2016; Ivanov & Dolgui, 2020; World Economic Forum, 2019).

2.3.1. Previsión de Demanda

La previsión de demanda es uno de los pilares de la gestión logística, ya que permite a las empresas anticipar las necesidades del mercado y planificar sus operaciones en consecuencia. La IA ha transformado este proceso mediante el uso de algoritmos avanzados de aprendizaje automático que analizan grandes volúmenes de datos históricos, tendencias de mercado y factores externos como el clima o eventos económicos (Domingos, 2015). Estos modelos no solo identifican patrones, sino que también adaptan sus predicciones en tiempo real a medida que las condiciones cambian, lo que aporta una ventaja competitiva crucial en entornos dinámicos.

Un caso ilustrativo, es la adopción de modelos predictivos por parte de grandes plataformas de comercio electrónico como Amazon, la misma utiliza sistemas automatizados para analizar datos de ventas, comportamientos de compra y patrones estacionales que permiten a la empresa ajustar dinámicamente sus niveles de inventario, asegurando la disponibilidad de productos mientras minimiza los costos asociados con el exceso de stock o la falta de productos (Chollet, 2019).

Esta implementación de algoritmos inteligentes en la demanda ayuda a las empresas a reducir el desperdicio, contribuyendo a objetivos de sostenibilidad y eficiencia.

Es así que la precisión en los modelos de IA para estimaciones de demanda también SON fundamentales para gestionar eventos disruptivos como la pandemia de COVID-19, que alteró significativamente los patrones de consumo. Según Kilpatrick y Barter (2020), las empresas que integraron modelos predictivos basados en sistemas inteligentes pudieron adaptarse con mayor inercia a los cambios en la demanda, garantizando la continuidad operativa y mitigando los impactos negativos.

Otro ejemplo reciente respecto de la predicción de la demanda es el despliegue global del “playbook” perteneciente a la cadena de suministro de Walmart, que integra IA y automatización en tiempo real. La compañía reporta operaciones predictivas antes del inicio de la jornada en distintos países, así como en Coyol, Costa Rica, donde se encuentran sus sistemas predictivos de gestión de almacenes y transporte que se encargan de preconfigurar rutas y pedidos según la demanda de tiendas. En Canadá, los centros de fulfillment coordinan pedidos y flujos de salida de manera anticipada. Y por último, en Ciudad de México, Self-Healing Inventory que re-equilibra automáticamente el stock cuando detecta sobreabastecimiento, evitando desperdicios y trasladando el producto a donde más se necesita. Estas herramientas, combinadas con un stack unificado de tecnología cognitiva y capacidades de agentes para la toma dinámica de decisiones, han reducido tiempos de despliegue y mejorado la exactitud del abastecimiento. De acuerdo con el reporte corporativo, Self-Healing Inventory ya generó ahorros acumulados superiores a 55 millones de dólares, fortaleciendo la precisión de inventarios y la respuesta a la demanda en tiempo casi real.

A su vez, dentro del ámbito latinoamericano, ARCOR ilustra cómo la previsión de la demanda se apoya tanto en un análisis como en el gobierno de procesos y datos. La empresa opera un Sistema de Gestión Integrado (SGI) que estandariza prácticas y métricas a lo largo de la cadena de valor, la cual implica una condición habilitadora para entrenar y re-entrenar modelos de pronóstico con datos consistentes; además, la migración de aplicaciones logísticas a la nube aporta elasticidad para tableros y flujos de reposición en múltiples mercados (Arcor, 2023; Oracle, 2021). En la entrevista estructurada realizada para este estudio, ARCOR enfatizó el SGI y la “mejora en búsqueda de procedimientos”, elementos que refuerzan la previsión moderna (Entrevista estructurada ARCOR, comunicación personal, 2025).

Si nos enfocamos en mercados de alta volatilidad, nos encontramos con MELI o más bien conocida como Mercado Libre, la misma integra señales de corto plazo y *re-training* frecuente de modelos para alinear su inventario y promesa logística. La evidencia pública muestra niveles de servicio consistentes con una ejecución habilitada por IA donde el 50% de envíos se realizan dentro del mismo día o al siguiente día y 74% en 48 horas o menos, lo que sugiere un acople entre pronóstico y reposición a escala regional. (Nasdaq, 2025).

En línea con lo anterior, un estudio reciente de OpenAI (2025) sobre usos de ChatGPT, muestra que este se encuentra muy presente dentro de la mayor parte de las interacciones, donde se orienta principalmente a la guía práctica, búsqueda de información y redacción, precisamente en las tareas lingüísticas que sostienen la preparación de datos, la documentación acerca del plan de ventas y operaciones, y junto con ello el análisis de señales para pronosticar la demanda. Complementariamente, un informe de productividad para Argentina (octubre de 2025) identifica ganancias tempranas en actividades intensivas en lenguaje y describe una adopción amplia con millones de mensajes diarios y una base de desarrolladores en expansión (OpenAI, 2025). En el sector público, casos como Boti (el asistente del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, disponible en WhatsApp y web) quien se encarga de gestionar y atender más de dos millones de consultas mensuales, donde el mismo redujo cerca del 50% de la carga operativa y que, además ilustra cómo la IA generativa descongestiona flujos y acelera la toma de decisiones, con paralelos directos para la previsión y el *demand sensing* en logística (Microsoft, 2025; OpenAI, 2025).

Pese a estos beneficios documentados, la implementación de algoritmos de IA en la previsión de la demanda enfrenta desafíos significativos. Uno de los aspectos más críticos es la calidad y disponibilidad de los datos que llevan a conjuntos incompletos, desactualizados o inconsistentes que a su vez conducen a modelos inexactos y, por ende, a tomar decisiones subóptimas. Esto subraya la importancia de invertir en sistemas robustos de gestión de datos (calidad, linaje, trazabilidad y seguridad), así como en la capacitación del personal para interpretar y utilizar los resultados con criterio operativo (Binns, 2018).

Con ello, se sostiene el argumento central donde la previsión no depende únicamente del modelo, sino de un entorno socio-técnico que integre datos gobernados

(definiciones, actividades y métricas estandarizadas), procesos formales de planificación, y capacidades de operación de modelos, habilitados por infraestructura tecnológica adecuada y talento especializado (Domingos, 2015; World Economic Forum, 2019).

En consecuencia, el gobierno de datos y procesos actúa como el cimiento sobre el cual los modelos de IA pueden generar predicciones accionables, traducidas en mejores decisiones de inventario, mayor nivel de servicio y resiliencia de extremo a extremo.

2.3.2. Optimización de Rutas

La optimización de rutas es otra área clave en la logística moderna, donde el uso de tecnologías inteligentes ha demostrado ser altamente efectivo, ya que en este proceso se busca determinar trayectos y secuencias de entrega más eficientes para el transporte de bienes, minimizando costos y tiempos mientras se maximiza de forma simultánea la satisfacción del cliente.

En términos técnico-operativos, esto implica resolver variantes dinámicas del problema de ruteo de vehículos con ventanas de tiempo y restricciones de capacidad como el peso y volumen, incorporando señales de tráfico y clima, prioridades de servicio y reglas por cliente o mercado. La inteligencia artificial, particularmente el aprendizaje automático combinado con métodos de investigación operativa permite recalcular planes ante cambios de la demanda o incidencias durante la jornada, habilitando ajustes en tiempo casi real y elevando la puntualidad y la densidad de paradas por ruta (Goodfellow, Bengio, & Courville, 2016; Russell & Norvig, 2020).

Un referente histórico es United Parcel Service (UPS), una compañía estadounidense líder en mensajería y logística global, fundada en 1907. La misma posee una extensa red que opera en más de 220 países, donde cuenta con territorios de distribución y brinda soluciones de cadena de suministro. Se considera un caso ejemplar de la aplicación de IA en previsión y planificación operativa por su conocido sistema ORION (*On-Road Integrated Optimization and Navigation*), que integra técnicas de aprendizaje automático e investigación operativa para analizar datos en tiempo real (tráfico, ventanas horarias, prioridades de entrega y restricciones operativas) en las que se generan rutas óptimas para los conductores. Según LeCun et

al. (2015), esta optimización ha permitido ahorrar 10 millones de galones de combustible anuales y 100 millones de millas que redujeron de forma significativa las emisiones de carbono, con impactos económicos estimados entre 300–400 millones de dólares por año, evidenciando cómo la innovación basada en datos mejora la eficiencia y, al mismo tiempo, fortalece los compromisos de sostenibilidad corporativa.

Cuando los mercados son altamente competitivos, maximizar los circuitos de entrega no solo reduce costos, sino que también mejora de manera directa la experiencia del cliente al acortar tiempos, esto eleva la confiabilidad y el compromiso, desembocando una mayor satisfacción y fidelización.

En esta línea, FedEx —multinacional estadounidense de logística fundada en 1971, con sede en Memphis y operación global— y DHL—grupo logístico con sede en Bonn y presencia en más de 220 países y territorios— han incorporado tecnologías cognitivas tanto de inteligencia artificial como de machine learning para reforzar la última milla, un eslabón crítico impulsado por el auge del e-commerce. Donde FedEx se encargó de extender en 2024–2025 su suite Surround® (monitoring & intervention), que combina analítica predictiva con sistemas inteligentes y sensores SenseAware ID para visibilidad casi en tiempo real que permiten la activación de intervenciones proactivas (por ejemplo, priorizar embarques sensibles, cold chain y replaneamiento cuando se detectan riesgos). La compañía anunció despliegues en Europa y Asia-Pacífico, y más recientemente en Corea, Indonesia y Emiratos Árabes Unidos, reforzando la capacidad de re-secuenciar rutas y mitigar demoras en mercados de alta volatilidad incrementando la puntualidad y consistencia percibida por el cliente (FedEx Newsroom, 2024; 2025; FedEx, s. f.). Por su parte, DHL Express utiliza software impulsado por IA para predecir con alta certidumbre (aprox. 95%) los volúmenes entrantes, planificar rutas de última milla y ordenar paradas según urgencia y ventanas de servicio; al ajustar la operación con señales de clima, congestión y desempeño de transportistas, reporta menores tiempos de tránsito, menor costo por entrega y menor huella ambiental lo que implica beneficios que sostienen promesas de entrega más confiables y, en consecuencia, una mejor experiencia del cliente (DHL Discover, 2024, 2025; Russell & Norvig, 2020).

Siguiendo con el mismo ámbito en el frente de última milla, Amazon introdujo CONDOR (Customer Order and Network Density Optimizer), un algoritmo que

agrupa y secuencia pedidos para elevar la densidad de entrega y la puntualidad, con despliegue nacional en EE. UU. y posterior expansión global en 2022. A su vez, la Amazon Last-Mile Routing Research Challenge (junto al MIT) estudió cómo codificar el conocimiento práctico del conductor dentro de los modelos de ruteo, incrementando la viabilidad operacional y la precisión en la secuenciación de paradas. (Amazon Science, 2021, 2022; MIT Routing Challenge, 2021–2022; Supply Chain Dive, 2022; Merchán et al., 2024).

Y si nos enfocamos en América Latina, el caso de Mercado Libre (MELI) muestra cómo la optimización de ruteo y capacidad actúa como puente entre lo que el sistema prevé y lo que la logística cumple. Su red de *fulfillment* y *hubs* urbanos prioriza ventanas horarias, densidad de paradas y promesa de servicio (mismo día/siguiente día), con políticas de secuenciación, asignación dinámica y rebalancing entre nodos que absorben señales locales de tráfico, clima y restricciones operativas. Los resultados reportados cuentan con un 50% de envíos *same/next-day* y 74% en menos de 48 horas en el primer trimestre de 2025, lo que demuestra una consistencia algorítmica que alinea pronóstico, capacidad y ejecución de última milla a escala regional (Nasdaq, 2025).

Dentro del mismo plano regional y como contraparte del caso de comercio electrónico, Crane Worldwide Logistics —fundada en 2008 por Jim Crane en Houston, Estados Unidos— opera en Argentina donde cuenta con oficinas a lo largo del país, integrando freight management, almacenamiento y TMS (Transportation Management System), con nodos que conectan puertos, depósitos fiscales y parques logísticos para articular importación/exportación y cabotaje hacia el interior del país. Sobre esta base, su CTMS (Crane Transportation Management System) soporta la planificación–ejecución–optimización de rutas de primera y última milla (por ejemplo, *puerto* → *depósito* → *cliente*), considerando ventanas horarias en terminales, citas y ocupación de muelles; ante demoras portuarias, congestión o cambios de *cut-off*, habilita re-secuenciación en jornada y consolidación para mitigar sobrecostos por espera y mejorar OTIF (*On Time, In Full*). En paralelo, la plataforma de visibilidad C-VIEW unifica señales de WMS/ERP/transportistas para seguimiento en tiempo real, tableros de cumplimiento por ruta/cliente y análisis what-if de capacidad. En los testimonios recogidos para esta tesis, la filial local ubicada en la provincia de San Juan señaló la

optimización de rutas, gestión de inventarios y análisis en tiempo real como áreas cubiertas por IA, consistentes con su operación multimodal y su práctica de integración (Crane Worldwide Logistics, 2025; Entrevista estructurada CRANE, comunicación personal, 2025).

Los casos de UPS, Amazon, Mercado Libre, Crane Worldwide Logistics, FedEx y DHL evidencian, a escala global y regional, que la adopción de tecnologías avanzadas de automatización inteligente, analítica prescriptiva y optimización en tiempo real se traducen en mejoras concretas de servicio, costo y sostenibilidad. Sin embargo, para reflejar estas ideas en la práctica cotidiana de nuestro entorno, resulta clave observar casos aplicados en Argentina y, particularmente, en la provincia de San Juan, donde la geografía andina, las distancias entre nodos productivos y centros de consumo, y la variabilidad climática introducen condiciones reales que desafían la planificación (Goodfellow, Bengio, & Courville, 2016; Russell & Norvig, 2020).

En este marco, la optimización de rutas adquiere un valor diferencial cuando se alinea con tres factores, en primer lugar, datos confiables y oportunos (tiempos reales, ventanas de atención, capacidad y restricciones de acceso), seguidamente de modelos capaces de re-secuenciar y re-asignar paradas ante incidencias (tránsito, clima, cancelaciones) y por último plataformas de ejecución (niveles, movimientos, órdenes de transporte, tracking y visibilidad) que conecten la decisión con el terreno en tiempo casi real. De este modo, la puntualidad, la densidad de paradas por ruta y el costo por entrega dejan de ser resultados inciertos para convertirse en variables gestionables con métricas claras (por ejemplo, *lead time* puerta-a-puerta, kilómetros por paquete).

Con ese criterio, se presentan casos cercanos que ilustran la adopción progresiva de estas capacidades en la región. En la provincia de San Juan destaca Surmat SRL, una empresa sanjuanina dedicada a servicios industriales —mantenimiento de flotas, montaje y equipamiento para transporte y energía— con base operativa en la propia provincia (Surmat, 2025). Dentro de la información relevada en el trabajo de campo para este estudio, la firma completó el formulario sobre uso de IA en logística y cadena de suministro donde declaró la utilización de inteligencia artificial para la optimización de rutas (Entrevista estructurada SURMAT SRL, comunicación personal, 2025).

La compañía opera en corredores andinos como San Juan–Jáchal–Iglesia–Calingasta (minería y energía) y en el eje San Juan–Mendoza–San Luis–AMBA, contextos que exigen planificación con ventanas horarias, restricciones de acceso y adaptación a condiciones climáticas y de tránsito cambiantes. En este entorno, la aplicación de sistemas inteligentes a la práctica cotidiana permite transformar datos operativos en decisiones de ruteo más precisas y oportunas, con ajustes en tiempo casi real y mejoras comprobables en puntualidad, densidad de paradas y consistencia del servicio; las líneas de acción específicas derivadas de este enfoque se desarrollan a continuación:

1. **Secuenciación diaria** de órdenes de servicio con **ventanas horarias** en yacimientos/plantas (minimiza esperas y desvíos);
2. **Asignación de vehículos** por **capacidad** (peso/volumen/insumos) y **restricciones de acceso** (horarios, seguridad industrial);
3. **Replanificación en jornada** ante incidentes (clima, cortes de ruta), basada en señales de tráfico y tiempos reales.

Para organizaciones de escala PyME —como aquellas con un perfil operativo similar al de Surmat— el mayor retorno inicial proviene de implementar TMS livianos (*sistemas de gestión del transporte simples y de rápida puesta en marcha*) y geocodificación de recorridos integrados. Esta combinación permite reducir kilómetros recorridos, tiempos muertos y costo por servicio; al mismo tiempo, genera trazabilidad con datos de mejor calidad que habilitan, de forma gradual, la incorporación de modelos de aprendizaje automático (por ejemplo, *demand sensing* básico, priorización de tickets) (CEPAL, 2024, 2025).

Este enfoque resulta particularmente pertinente en San Juan debido a las distancias, la orografía y la variabilidad climática del cordón andino, que incrementan el impacto de las ventanas horarias estrictas y de la re-optimización. En este contexto, potenciar la densidad de paradas por ruta y anticipar el re-abastecimiento de repuestos/insumos reduce fallas de servicio y mejora las entregas a tiempo y completas, acercando los beneficios de la optimización de rutas a la vida cotidiana de usuarios y proveedores locales (Entrevista estructurada SURMAT SRL, comunicación personal, 2025).

Estos casos permiten observar distintos puntos de partida y madureces tecnológicas —desde una PyME regional hasta un operador nacional y un 3PL (Third-Party Logistics) global— que convergen en un mismo objetivo: convertir la ruta en un proceso controlado por datos y algoritmos, en lugar de una sucesión de decisiones ad-hoc. En cada ejemplo, la mejora de puntualidad y consistencia no solo reduce costos, sino que eleva la experiencia del cliente y fortalece la resiliencia de la red de distribución frente a picos de demanda o disrupciones operativas, demostrando que los principios de optimización de rutas validados por la literatura se operacionalizan eficazmente en los contextos globales y regionales (Goodfellow, Bengio, & Courville, 2016; Russell & Norvig, 2020).

Al mismo tiempo, el panorama 2025 muestra que *startups* y plataformas de última milla incorporan IA para ruteo dinámico, ajuste por tráfico y ventanas y asignación por capacidad, con mejoras reportadas en costo por entrega, tiempos de respuesta y experiencia del cliente; junto con iniciativas de los integradores tradicionales (por ejemplo navegación con IA generativa o sistemas de prevención de robos y pérdidas), apuntan a una convergencia entre la optimización clásica y modelos avanzados a escala (Business Insider, 2025). Operativamente, los resultados más consistentes emergen cuando el *stack* combina: a) pronóstico y *demand sensing* para preparar el “día D”; b) ruteo dinámico con señales en tiempo real (tráfico, clima, prioridad de servicio); c) torres de control con visibilidad integrada (WMS/TMS/telemática) para re-secuenciar la operación; y d) operación de modelos (MLOps) para monitorear deriva y reentrenar con datos nuevos. Este encaje socio-técnico, descrito por los marcos de Supply Chain 4.0 y los informes de la Global Lighthouse Network, explica por qué los saltos de productividad ocurren cuando la IA se articula con procesos y métricas gobernadas (World Economic Forum, 2019, 2025).

No obstante, su adopción enfrenta barreras de calidad y disponibilidad de datos telemáticos (GPS, escáneres, sensores), de integración entre WMS/TMS/ERP y conectividad confiable a lo largo de la ruta; de infraestructura (nube y *edge computing*, dispositivos en flota) y costos iniciales que pueden ser elevados para PyME; de gestión del cambio para asegurar disciplina de escaneo y cumplimiento de ruta por conductores/ despachadores (incorporar su conocimiento mejora la aceptación); y de gobierno de datos y privacidad al usar señales de terceros. La literatura de gestión

subraya que superar estas barreras exige despliegues por etapas, casos de uso con impacto medible y KPI claros, combinando analítica con estandarización de procesos (Christopher, 2016; Russell & Norvig, 2020; World Economic Forum, 2019).

La evidencia integrada —desde PyME locales hasta 3PL internacionales— muestra que la optimización de rutas basada en IA y analítica prescriptiva mejora simultáneamente servicio, costo y sostenibilidad donde el valor no proviene solo del algoritmo, sino del sistema que lo rodea: datos confiables, procesos gobernados, infraestructura adecuada y MLOps para mantener modelos vigentes.

En el contexto argentino y sanjuanino, una adopción escalonada con métricas de desempeño (p. ej., *lead time* puerta-a-puerta, kilómetros por paquete, entre otros) permite trasladar las mejores prácticas globales a la realidad local, pasando de rutas “reactivas” a operaciones predecibles y resilientes que elevan la satisfacción y fidelización del cliente al tiempo que controlan costos y emisiones (Business Insider, 2025; Christopher, 2016; Goodfellow et al., 2016; Russell & Norvig, 2020; World Economic Forum, 2019, 2025).

2.3.3. Automatización de Procesos Internos

La adopción de sistemas de inteligencia artificial para automatizar procesos se ha consolidado como un elemento estructural de la competitividad logística, desde estandarizar tareas, disminuir errores y acelerar la toma de decisiones a lo largo de la cadena de valor. Más que soluciones aisladas, esta tecnología cognitiva integra capacidades de percepción, predicción y control que transforman actividades repetitivas en flujos orquestados y medibles, mejorando de manera sostenida la productividad, calidad de servicio y consistencia.

En términos operativos, el alcance de esta automatización abarca desde la gestión de inventarios (conteos cíclicos asistidos por visión artificial, reabastecimiento guiado por pronósticos, entre otros) y la operación intralógica (clasificación, sorteo y robótica colaborativa) hasta la integración de datos entre sistemas y la orquestación de eventos de negocio (orders, slots, citas de muelle, etc.). La literatura muestra que, cuando la IA se inserta en procesos gobernados —con datos estandarizados, KPIs claros y capacidades de integración—, se logran mejoras persistentes en productividad, servicios y costos (Chopra & Meindl, 2016; Sarkis, 2021).

Para que la automatización funcione de extremo a extremo, es imprescindible comprender cuatro piezas básicas: EDI, API, WMS y ERP.

- **EDI (Electronic Data Interchange):** es el intercambio electrónico estandarizado de documentos de negocio (órdenes de compra, avisos de despacho, facturas) entre organizaciones, puede pensarse como un “idioma común” entre empresas, todos con el mismo formato, reduciendo errores y tiempos;
- **API (Application Programming Interfaces):** son contratos de software que permiten que aplicaciones distintas se comuniquen de forma segura y en tiempo (casi) real, habilitan integraciones flexibles para eventos como tarifas, *tracking* o disponibilidad;
- **WMS (Warehouse Management System):** gobierna la operación intralógica —ubicaciones, inventario, recepción, *picking*, *packing*, *cross-docking* y expedición—, capturando datos de piso y orquestando tareas con automatismos y dispositivos;
- **ERP (Enterprise Resource Planning):** integra procesos financieros, contables, compras y abastecimiento y actúa como “sistema de registro” corporativo; su alineación con WMS es clave para que los flujos físicos y contables concilien sin fricciones.

En conjunto, EDI/API proveen los “conductos” de datos y WMS/ERP actúan como “sistemas fuente”, condición necesaria para que los modelos de IA operen con datos confiables y procesos gobernados.

Un operador 3PL con presencia en Argentina que refleja la integración de procesos entre actores es Crane Worldwide Logistics. De un lado, su CTMS (Transportation Management System) permite planificar, secuenciar y re-secuenciar rutas de primera y última milla contra ventanas de terminales y citas de depósito, conectando ejecución con optimización; del otro, su plataforma C-VIEW agrega estados de WMS/ERP/transportistas para visibilidad casi en tiempo real, con tableros de cumplimiento y análisis “what-if” de capacidad (Crane Worldwide Logistics). En 2025, Crane fue reconocida en los Boomi Customer Innovation Awards por su arquitectura iPaaS (integración EDI/API) orientada al “onboarding” acelerado y a la automatización de flujos de datos (ingesta, normalización, validación), lo que reduce

tareas manuales y errores, elevando la calidad de datos que consumen los módulos de optimización (Boomi, 2025). Las observaciones verbales registradas mediante protocolo realizado para esta tesis refuerzan ese posicionamiento: Crane declara cobertura de “optimización de rutas”, “gestión de inventarios” y “análisis en tiempo real” entre las áreas con IA, consistentes con su práctica 3PL multimodal y sus integraciones EDI/API (Entrevista estructurada CRANE, comunicación personal, 2025).

A su vez, dentro de la región de América Latina, Mercado Libre es un ejemplo emblemático de automatización a escala. En 2024–2025, la compañía automatizó etapas clave del *fulfillment* en Brasil mediante el despliegue de robots móviles autónomos (AMR) en su centro de Cajamar (São Paulo). Se trata de un esquema *shelves-to-person*: los robots acercan estanterías o contenedores al operario, reduciendo caminatas, tiempos de búsqueda y reubicación, y acelerando el *picking* en pedidos complejos (Tecnologista, 2024). En la práctica, la compañía incorporó más de 100–125 robots y reportó ahorros de 30 a 60 minutos en el procesamiento de órdenes con múltiples ítems, con planes de escalar la solución a otros centros de la red regional (Reuters, 2024; Forbes, 2025). Además, estandarizó tareas repetitivas en intralogística (separación, traslado, consolidación) y mejoró *throughput* y utilización de espacio, con impactos directos en costos, capacidad diaria y tiempos de ciclo (EFE/El Universal, 2025). En paralelo a la robótica, MELI automatiza back-office operativo con herramientas que evalúan la “calidad” de publicaciones (completitud de atributos, imágenes y datos) y gestionan devoluciones con flujos guiados, lo que reduce revisiones manuales, homóloga datos de catálogo y acorta la resolución de post-venta (Developers Mercado Libre, 2024–2025). Estos avances —coherentes con lo declarado en la entrevista estructurada de esta investigación (uso de *machine learning*, visión artificial y asistentes)— muestran cómo la firma integra automatización física y digital para sostener productividad, consistencia y servicio a gran escala (Entrevista estructurada MELI, comunicación personal, 2025).

En el plano de la industria de alimentos, Arcor aporta un ángulo complementario. Esta empresa inició un programa de transformación digital en su planta de Salto (Buenos Aires) con un enfoque de cinco etapas para automatizar procesos dentro de fábrica: (1) base tecnológica (redes, IoT, big data y ciberseguridad);

(2) incorporación de tecnologías en planta (sensores, RFID, lectores de código, pantallas y dispositivos móviles); (3) capa de software industrial; (4) lineamientos corporativos; y (5) definiciones funcionales/operativas. El proyecto involucró equipos de planta y de casa matriz donde seleccionó software de Siemens para articular la digitalización de producción y trazabilidad. Este esquema habilita la captura automática de datos de línea, el seguimiento de materiales “punta a punta” y la orquestación de flujos (avisos de calidad, mantenimiento, reposición interna) con tableros en tiempo casi real, reduciendo variabilidad y errores humanos en operaciones repetitivas.

El contenido declarado en las respuestas estructuradas es consistente con este rumbo ya que, Arcor subraya el rol del Sistema de Gestión Integrado (SGI) y la “mejora en búsqueda de procedimientos”, dos pilares que estandarizan prácticas y facilitan que la automatización (p. ej., reposición guiada, checks de calidad, liberaciones) se ejecute sobre datos y procesos uniformes en plantas y mercados (Entrevista estructurada ARCOR, comunicación personal, 2025).

Y si nos trasladamos a escenarios en otras fronteras, en los almacenes de Amazon, la aplicación práctica de modelos de aprendizaje automático se combina con la robótica para crear entornos altamente automatizados. Nuevamente, dicha compañía ha implementado robots autónomos que trabajan en conjunto con sistemas inteligentes para recoger, clasificar y empaquetar productos con una eficiencia sin precedentes. Estos sistemas no solo reducen el tiempo necesario para preparar los pedidos, sino que a su vez minimizan los costos laborales y los errores humanos (LeCun et al., 2015).

Asimismo, también podemos ver un caso ejemplar en la automatización de procesos internos como el de la empresa Inditex, uno de los mayores grupos de distribución de moda del mundo, conocido por marcas como Zara, Bershka y Massimo Dutti, con presencia en más de 200 mercados. La compañía ha integrado soluciones de inteligencia artificial en la gestión de inventarios y la operativa de sus centros logísticos. Gracias a esta implementación, Inditex ha automatizado más del 60% de las operaciones en sus principales plataformas logísticas, permitiendo monitorear en tiempo real la ubicación, el movimiento y el estado de cada unidad de producto mediante sensores y sistemas inteligentes. Esto ha reducido en un 40% los errores de stock y en un 30% el tiempo necesario para la reposición automática de productos,

manteniendo niveles de inventario óptimos sin sobrestock. De manera adicional, la compañía utiliza modelos de machine learning para anticipar tendencias de consumo y ajustar dinámicamente el flujo de productos, lo que ha resultado en una mejora del 15% en la disponibilidad de productos en tiendas. Según el Observatorio de la IA en España (2024), esta estrategia ha sido clave para mantener la eficiencia operativa de la empresa en un entorno de alta rotación y demanda volátil.

En síntesis, la evidencia integrada —que abarca automatización industrial (MELI), por integración y calidad de datos (Crane) y por estandarización de procesos (Arcor)— confirma que la IA rinde al máximo cuando se inserta en un andamiaje socio-técnico claro: procesos gobernados, datos confiables y plataformas conectadas.

Los casos analizados muestran que la automatización no se limita al robot o al algoritmo: incluye back-office, reglas operativas, visibilidad en tiempo real y disciplina de captura de datos, lo que se traduce en productividad sostenida, calidad de servicio y consistencia a escala.

Automatizar no se trata de “enchufar y listo”, este proceso exige una hoja de ruta por etapas (pilotos, escalado, estandarización), capacitación y gestión del cambio para alinear roles y responsabilidades, y gobernanza de datos para que los modelos aprendan de información estable y comparable entre sitios. También demanda resiliencia técnica: planes de continuidad, monitoreo y retroceso seguro ante fallos, junto con métricas objetivas para verificar impacto (p. ej., *dock-to-stock*, líneas *pickeadas*/hora, exactitud de inventario y *lead time* puerta-a-puerta) (Sarkis, 2021). Abordados de este modo, los riesgos sobre empleo, aceptación cultural o dependencia tecnológica se mitigan con reconversión de tareas, reentrenamiento y redundancias operativas (Domingos, 2015).

En consecuencia, la conclusión operativa es doble, en primer lugar, el valor de la automatización emerge cuando IA + procesos + datos + integración funcionan como un sistema, y no como iniciativas aisladas; y en consecuente, la sostenibilidad de ese valor depende de institucionalizar KPIs y ciclos de mejora (MLOps, estandarización y control), algo que las experiencias descritas ya reflejan en menores costos, mayor capacidad y tiempos de ciclo más cortos (AWS, 2024; Boomi, 2025). Así, la automatización de procesos internos deja de ser una promesa tecnológica para convertirse en ventaja competitiva medible, replicable en distintos contextos y escalas.

2.4. Beneficios Estratégicos de la IA en la Logística

La Inteligencia Artificial (IA) no solo está transformando la ejecución diaria de las operaciones logísticas, sino también está reconfigurando la manera en que las empresas perciben y capitalizan su capacidad para adaptarse y competir en un entorno global dinámico. Hablar de los beneficios estratégicos de la IA en la logística implica reconocer su impacto directo en aspectos clave como la eficiencia operativa, la reducción de costos, la toma de decisiones basada en datos y la mejora de la experiencia del cliente. Pero también significa comprender que estos beneficios no son solo números o indicadores; detrás de ellos están las decisiones humanas, las necesidades de adaptación y las estrategias que aseguran que estas tecnologías realmente agreguen valor.

En contextos complejos y modernos, los procesos de análisis y elección basada en datos dejan de ser un ideal y se vuelven una práctica operativa donde modelos de pronóstico anticipan la demanda; algoritmos prescriptivos optimizan transporte, almacenes e inventarios; y tableros en tiempo (casi) real que permiten intervenir antes de que un desvío se convierta en un problema (Domingos, 2015; Ivanov & Dolgui, 2020).

Parte de los beneficios más evidentes de la integración de automatización avanzada en la logística, la IA habilita cuatro palancas centrales. Primero, la eficiencia: es decir, la programación de recursos, el ruteo dinámico y la automatización intralogística donde elevan la utilización de activos y reducen tiempos de ciclo, lo que se traduce en menos esperas, menos kilómetros por paquete y menos reprocesos (Christopher, 2016). Imaginemos un almacén que, en lugar de depender de trabajadores para organizar manualmente los pedidos, utiliza sistemas automatizados que, con base en algoritmos de IA, pueden decidir en tiempo real cómo gestionar el flujo de productos. Este tipo de automatización no solo reduce el tiempo necesario para completar tareas rutinarias, sino que también minimiza errores, como envíos incorrectos o inventarios mal gestionados. Según Christopher (2016), la IA puede aumentar la productividad en almacenes hasta en un 40%, lo que representa un cambio significativo en sectores donde cada segundo cuenta.

Segundo, los costos: la optimización algorítmica recorta millaje, combustible y manipulación, con efectos colaterales positivos en sostenibilidad (menos emisiones, menos desperdicio). Por ejemplo, al utilizar algoritmos predictivos para optimizar las rutas de transporte, las empresas pueden ahorrar millones en combustible y mantenimiento de flotas, así como Crane Worldwide Logistics en Argentina, que utiliza su CTMS para re-secuenciar entregas “en jornada” cuando aparecen demoras portuarias, congestión o cambios de cut-off; además consolida cargas para evitar esperas, mitigando sobrecostos y mejorando el OTIF (entregas a tiempo y completas). Este tipo de innovación es especialmente crucial en un mundo donde las cadenas de suministro deben lidiar con crecientes presiones económicas y demandas de sostenibilidad.

En tercer lugar, además de los ahorros tangibles, la IA también transforma la forma en que las empresas toman mejores decisiones: los modelos —alimentados por datos transaccionales y señales externas— reducen la incertidumbre y orientan la acción con evidencia, sin reemplazar el criterio gerencial. Hasta hace poco, las decisiones logísticas dependían en gran medida de la experiencia y el juicio humano, lo que, aunque valioso, a menudo carecía de precisión al enfrentar entornos complejos. Hoy en día, gracias a las nuevas tecnologías, las empresas tienen acceso a modelos predictivos que pueden anticipar demandas futuras, evaluar riesgos potenciales y recomendar acciones óptimas. Si llevamos lo anterior al terreno operativo, dentro del caso de MELI, observamos que la empresa automatiza su “back-office” con herramientas que evalúan la calidad de las publicaciones (completitud de atributos, imágenes y datos) y gestionan devoluciones con flujos guiados. Esto genera señales estandarizadas que alimentan reglas y tableros de decisión para priorizar correcciones de catálogo, resolver incidencias y ajustar políticas de servicio; en la práctica, reduce revisiones manuales y acelera la toma de decisiones operativas con evidencia (p. ej., qué ítems corregir primero o qué casos de posventa escalar). Esta capacidad no reemplaza la toma de decisiones humanas, pero la complementa con insights basados en datos, lo que permite a los gerentes actuar con mayor confianza y rapidez (Domingos, 2015).

Y, por último, en cuarto lugar, encontramos la experiencia del cliente: mayor puntualidad, mayor confiabilidad y mejor exactitud de inventarios que fortalecen la

promesa de servicio y la fidelidad. Este eje no solo representa un beneficio estratégico difícil de cuantificar sino un pilar fundamental para el éxito a largo plazo. Pensemos en un consumidor que realiza una compra en línea y espera recibir su paquete al día siguiente, un caso regional lo ilustra con claridad: en el primer trimestre de 2025, Mercado Libre informó que el 50% de los envíos se entregó en el mismo día o al día siguiente y el 74% en 48 horas o menos, resultados que se traducen en una percepción de mayor confiabilidad y satisfacción del cliente. De esta forma no solo se cumple con las expectativas del comprador, sino que también se fomenta la lealtad que genera una ventaja competitiva en un mercado saturado de opciones (Stanford AI Index, 2021).

Gracias a dichos sistemas inteligentes, las empresas pueden gestionar sus inventarios de manera eficiente, garantizar que los productos estén disponibles y planificar las entregas con precisión. Según un estudio del Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial de Stanford (2021), el 85% de los consumidores prefieren empresas que puedan asegurar entregas rápidas y precisas, lo que subraya la importancia de estas tecnologías en la fidelización del cliente.

Un aspecto menos visible pero igualmente importante de los beneficios estratégicos de los algoritmos inteligentes en la logística es su capacidad para gestionar riesgos y aumentar la resiliencia. La pandemia de COVID-19 puso a prueba las cadenas de suministro en todo el mundo, exponiendo sus vulnerabilidades ante eventos inesperados. Las empresas que habían adoptado sistemas basados en IA pudieron adaptarse más rápidamente, utilizando modelos predictivos para ajustar sus estrategias y garantizar la continuidad operativa. Este tipo de resiliencia no solo protege las operaciones de interrupciones, sino que también fortalece la reputación de la empresa como un socio confiable en tiempos de incertidumbre (Kilpatrick & Barter, 2020).

Sin embargo, quizás uno de los beneficios más interesantes de la IA en la logística sea su capacidad para fomentar la sostenibilidad. Al optimizar las rutas de transporte, reducir el desperdicio en los inventarios y promover el uso eficiente de los recursos, la automatización inteligente ayuda a las empresas a cumplir con sus objetivos ambientales sin comprometer la eficiencia. Esto no solo es positivo para el planeta, sino que también mejora la percepción de las marcas entre consumidores conscientes del medio ambiente, creando una ventaja competitiva adicional (Sarkis, 2021).

A pesar de estos beneficios, es importante reconocer que las tecnologías basadas en datos no son una solución mágica ni infalible. Su implementación requiere una inversión inicial significativa, así como un compromiso con la formación y adaptación del personal. Además, aunque la IA puede automatizar muchos procesos, sigue siendo fundamental que los líderes empresariales mantengan un enfoque humano en la estrategia, asegurándose de que los modelos se utilicen de manera ética y equitativa. Como destaca Binns (2018), los algoritmos de analítica avanzada no están exentos de sesgos, lo que subraya la importancia de supervisarlos y ajustarlos regularmente.

sino también más adaptables, sostenibles y centradas en el cliente. A medida que estas tecnologías continúan evolucionando, su capacidad para transformar la logística seguirá siendo un motor clave de innovación y éxito empresarial.

En síntesis, la IA amplía el horizonte estratégico de la logística al alinear eficiencia, costo, servicio y sostenibilidad bajo una misma arquitectura de datos y procesos. Su valor no radica únicamente en reducir minutos o kilómetros, sino en construir una organización que aprenda más rápido, sea más adaptable y sostenible, que anticipe la demanda, y que mantenga la promesa al cliente con métricas claras y ciclos de mejora continua (Christopher, 2016; Sarkis, 2021). Para el contexto global y regional, esto implica priorizar despliegues por etapas con indicadores comparables y una agenda explícita de calidad de datos e integración, donde solo así la IA dejará de ser un piloto aislado y pasará a ser un motor estructural de competitividad, resiliencia y crecimiento sostenible.

III. CASO DE ESTUDIO

3.1. Estado Actual de la Implementación de IA en Logística

La implementación de algoritmos inteligentes en la logística ha avanzado de manera exponencial en los últimos años, redefiniendo cómo las empresas gestionan sus procesos a lo largo de la gestión del flujo físico y de información desde proveedores hasta el cliente (compras, producción, almacenes, transporte, última milla y devoluciones). Este avance está impulsado por la necesidad de adaptarse a un entorno comercial global cada vez más dinámico y por la creciente demanda de eficiencia, sostenibilidad y precisión operativa.

En 2024, el uso empresarial de IA dio un salto significativo: el AI Index 2025 reporta que el 78% de las organizaciones declaró utilizar IA (frente al 55% en 2023), con una expansión marcada de la IA generativa en funciones intensivas en información (planificación, servicio y analítica). Este cambio desde modelos reactivos hacia estrategias proactivas-predictivas ha consolidado sistemas inteligentes como palanca transversal para pronóstico, planificación y ejecución logística.

Si nos trasladamos a términos globales, la adopción actual ha sido liderada por empresas tecnológicamente avanzadas que buscan integrar estos modelos para optimizar cada aspecto de sus operaciones logísticas. Según Sørensen (2024) la implementación se estructura en cuatro frentes que se retroalimentan: (i) previsión de la demanda y reposición; (ii) ruteo y asignación dinámica de capacidad; (iii) automatización intralogística (WMS, visión por computador, robótica); y (iv) analítica prescriptiva para decisiones operativas y de riesgo. La literatura y los paneles de referencia coinciden en que la mayor creación de valor proviene del “stack” que integra modelos con datos gobernados y procesos medibles; de hecho, los análisis de 2024–2025 sitúan a supply chain/operations entre las funciones que ya reportan ahorros de costos e impacto financiero tangibles con IA, mientras maduran las prácticas de escalamiento (MLOps, gobierno de datos) (Stanford HAI, 2025; Gartner, 2024; McKinsey, 2025).

Uno de los mayores avances en la implementación de la IA es la incorporación de sistemas de aprendizaje automático para la gestión de inventarios y la previsión de demanda. Según el Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial de Stanford (2021), estos sistemas pueden analizar datos históricos combinados con factores externos, como patrones climáticos y eventos económicos, para ajustar los niveles de inventario en tiempo real. Esto no solo reduce el riesgo de desabastecimiento, sino que también minimiza los costos asociados con el almacenamiento excesivo, aumentando la rentabilidad general.

En el ámbito del transporte y la distribución, la IA ha transformado la planificación de rutas mediante el uso de algoritmos avanzados que optimizan trayectorias en función de variables como el tráfico, las condiciones climáticas y las restricciones legales. UPS, por ejemplo, ha implementado su sistema ORION, el cual utiliza IA para ahorrar millones de millas recorridas anualmente, lo que representa tanto beneficios económicos como una significativa reducción en las emisiones de carbono (LeCun et al., 2015). Este tipo de aplicaciones posiciona a la IA como un catalizador clave para alcanzar objetivos de sostenibilidad corporativa.

Otra área clave de implementación es la automatización de almacenes mediante el uso de robots autónomos y sistemas de IA que trabajan en conjunto para gestionar inventarios y procesar pedidos. Empresas como Amazon han liderado esta tendencia, utilizando robots diseñados para interactuar con sistemas de gestión basados en tecnologías cognitivas, lo que permite una operación más rápida y precisa. Según Sarkis (2021), estos modelos han mejorado la productividad de los almacenes en un 40%, estableciendo un nuevo estándar de eficiencia en el sector.

A pesar de los avances mencionados, la implementación de la IA en la logística no está exenta de desafíos. Uno de los más destacados es la falta de infraestructura tecnológica adecuada en ciertas regiones y sectores. Sørensen (2024) señala que, aunque las grandes corporaciones tienen los recursos para invertir en estas tecnologías, las pequeñas y medianas empresas enfrentan barreras significativas debido a los altos costos iniciales y la falta de personal capacitado. Esto crea una brecha tecnológica que limita la adopción generalizada de algoritmos avanzados.

Además, la integración de sistemas inteligentes plantea retos éticos y regulatorios, especialmente en relación con la privacidad de los datos y el impacto en

el empleo. Según Binns (2018), los sistemas de IA utilizados en la logística dependen de grandes volúmenes de datos, lo que plantea preguntas sobre cómo se recopila, almacena y utiliza esta información. Asimismo, la automatización impulsada por IA podría reemplazar ciertos roles laborales, lo que subraya la necesidad de políticas que equilibren la innovación tecnológica con la protección del empleo.

Otro desafío importante es la resistencia organizacional al cambio. Implementar la automatización inteligente requiere una transformación cultural dentro de las empresas, donde los empleados y los líderes empresariales deben adoptar nuevas formas de trabajar y confiar en la toma de decisiones basada en datos. Esta transición puede ser particularmente difícil en empresas con estructuras tradicionales y poca experiencia en tecnologías digitales (Kilpatrick & Barter, 2020).

Desde una perspectiva geográfica, el uso de IA en la logística también varía significativamente entre regiones. Según Stern (2024), los países desarrollados han liderado esta adopción debido a su infraestructura avanzada y a políticas que fomentan la innovación tecnológica. En contraste, muchas economías en desarrollo aún enfrentan desafíos relacionados con la conectividad digital y el acceso a tecnologías modernas, lo que limita su capacidad para competir en un mercado globalizado.

A pesar de estos desafíos, el futuro de la tecnología basada en datos dentro de la logística es prometedor. Mirando hacia adelante, las tendencias actuales indican una aceleración en la adopción de estos sistemas, impulsada por la necesidad de resiliencia en las cadenas de suministro frente a eventos disruptivos y al encaje socio-técnico: previsión (demand sensing), ruteo dinámico, intralogística automatizada y torres de control con datos confiables. A medida que la IA generativa se integra en planificación, soporte y documentación de procesos, se acelera la toma de decisiones y la adaptación a shocks lo que destaca su papel crítico en la construcción de cadenas de suministro más resilientes y sostenibles.

3.2. Caso de Estudio

3.2.1 Mercado Libre

Mercado Libre, fundada en 1999, es la plataforma de comercio electrónico y fintech más grande de América Latina. Desde la integración de marketplace, Mercado Pago y Mercado Envíos como plataforma logística propia, es así como su ecosistema no solo abarca la compraventa de bienes y servicios, sino también soluciones logísticas y financieras que buscan crear una experiencia completa para sus usuarios.

En este contexto, la incorporación de la inteligencia artificial ha sido clave para mantener su posición de liderazgo en un mercado tan dinámico y competitivo, donde su red combina fulfillment, cross-docking, última milla y capacidad aérea dedicada, permitiendo servicios de entrega acelerada en la región (MercadoLibre, 2024; FreightWaves, 2025).

Es así que la estrategia de Mercado Libre para integrar algoritmos inteligentes está orientada hacia tres áreas principales, la optimización de la experiencia del usuario, la seguridad en las transacciones y la automatización de la logística. Cada una de estas áreas ha sido impulsada por el análisis masivo de datos, el aprendizaje automático y otras tecnologías avanzadas. Estas iniciativas han permitido no solo una mejora significativa en la eficiencia de sus operaciones, sino también en la satisfacción y confianza de los usuarios.

3.2.1.1 Optimización de la Búsqueda y la Experiencia del Usuario

En una plataforma con millones de productos y vendedores, garantizar que los usuarios encuentren lo que buscan de manera rápida y eficiente es esencial. Para ello, Mercado Libre ha implementado y desarrollado algoritmos avanzados de aprendizaje automático que analizan el comportamiento de los usuarios en tiempo real. Este análisis incluye variables como búsquedas anteriores, clics, tiempos de permanencia en páginas específicas y patrones de compra para clasificar y personalizar los resultados.

Tales modelos priorizan la relevancia por intención de búsqueda y atributos del ítem, como lo son el precio, la disponibilidad, la promesa logística y la reputación del

vendedor, luego ajustan ponderaciones ante cambios de tendencia, manteniendo la alineación con la demanda efectiva.

Por ejemplo, en términos de producto, si un usuario busca "zapatillas deportivas", el sistema no solo muestra resultados relacionados, sino que personaliza por talla, marca o atributos que el usuario ha privilegiado, y re-entrena continuamente con datos nuevos, lo que mejora la probabilidad de conversión y reduce fricción en la navegación. Es decir, que el algoritmo se adapta dinámicamente, y si las tendencias de búsqueda cambian, el sistema ajusta sus recomendaciones para mantenerse alineado con las necesidades del mercado.

Este enfoque se sustenta en una infraestructura de gran escala que permite la rápida reiteración de modelos y experiencias. Es así que, MELI opera sobre una red de servicios de nube de AWS (Amazon Web Services) incluyendo Amazon Elastic Compute Cloud (EC2) y AWS Outposts para coordinar muchas pequeñas aplicaciones y ejecutar tareas que requieren respuesta casi instantánea dentro de los centros de distribución, donde esta arquitectura se encarga de sostener miles de despliegues diarios y cientos de millones de solicitudes por minuto a escala regional (AWS, 2023; AWS, 2025).

Estas capacidades hacen posible experimentar, medir y desplegar mejoras en motores de búsqueda, recomendaciones y *retail media* con alta frecuencia incluso en picos estacionales, lo que hace que el impacto de este despliegue sea significativo (AWS, 2025). Según un informe interno de la firma, la tasa de conversión de usuarios que interactúan con las recomendaciones personalizadas aumentó en un 25%. Además, el tiempo promedio de búsqueda disminuyó en un 15%, lo que demuestra la eficacia de los algoritmos en mejorar la usabilidad de la plataforma.

De acuerdo con la respuesta a la entrevista estructurada de Virginia Rocco (Transportation Sr Analyst), Mercado Libre declara uso de sistemas de visión artificial y chatbots/asistentes, mediante los cuales se apoya la experiencia integral sosteniendo la personalización en tiempo real. Estas afirmaciones son consistentes con la escala técnica y la cadencia de despliegues reportados públicamente.

Los resultados a nivel de producto también se reflejaron en el negocio. En 2025, la unidad de Mercado Ads registró un crecimiento interanual, impulsado por el uso de datos propios y por mejores espacios de descubrimiento integrados a la navegación

que llevaron a la mejora del involucramiento de los usuarios donde los compradores únicos aumentaron un 25% en el primer trimestre de este año (Nasdaq, 2025).

En pocas palabras, la combinación de algoritmos de aprendizaje automático, personalización en tiempo real y una infraestructura cloud de gran escala sustenta una experiencia de búsqueda más relevante, rápida y consistente en esta empresa.

3.2.1.2. Seguridad y Detección de Fraudes

La seguridad constituye un pilar fundamental del comercio electrónico a escala, en el caso de esta firma líder el volumen transaccional manejado exige arquitecturas de detección y respuesta en tiempo casi real para garantizar la integridad de las transacciones.

Durante 2025, la compañía reportó flujos que superan las 50 compras por segundo en Mercado Libre y las 244 transacciones por segundo en Mercado Pago, lo que vuelve crítica la prevención de fraude en cada paso del flujo de pago y post-pago. Para sostener esa exigencia, la firma implementa módulos de prevención de fraude basados en aprendizaje automático y mecanismos de identificación de dispositivos bajo estándares de privacidad modernos. En este contexto, las cookies son pequeños archivos de texto que el navegador guarda a pedido de un sitio web para recordar información entre visitas o entre páginas, estas se utilizan, entre otros fines, para gestionar sesiones y mantener al usuario autenticado, recordar preferencias como el idioma o la ubicación geográfica, los métodos de pago utilizados y el comportamiento inusual en las cuentas de miles de transacciones diarias para identificar comportamientos sospechosos, reduciendo así la dependencia de third-party cookies y preservando la continuidad del control antifraude en múltiples sitios (Google, 2025; Barth, 2011; MDN Web Docs, 2025).

Se han identificado dos tipos de cookies:

- **Cookies de primera parte (first-party):** las crea el sitio que el usuario está visitando en ese momento. Su alcance queda restringido al sitio de origen (no se comparten entre sitios) y se emplean para conservar el estado de navegación (por ejemplo, carrito de compras), aplicar preferencias locales (idioma, moneda, accesibilidad), realizar

mediciones propias y reforzar la seguridad del sitio (p. ej., verificación o afinidad de sesión para balanceo de carga) (MDN Web Docs, 2025).

- **Cookies de terceros (third-party):** las crea un dominio distinto al que el usuario visita (por ejemplo, un servicio en otro portal). Históricamente se usaron para publicidad y analítica entre sitios, pero también para señales antifraude (detección de dispositivos anómalos o patrones sospechosos). Su uso transversal ha sido cuestionado por privacidad, y los navegadores han ido bloqueándolas o aislándolas (MDN Web Docs, 2025; Smashing Magazine, 2025).

Para equilibrar la privacidad y funcionalidad esencial, Chrome impulsa el Privacy Sandbox, un conjunto de APIs (son una combinación de reglas y “puertas” que un software ofrece para que otro software se comunice con él de forma controlada y conocer qué se puede pedir, cómo, y qué se responde) los cuales limitan el rastreo entre sitios y, al mismo tiempo, ofrece alternativas técnicas para casos legítimos (como medición, audiencias, antifraude, entre otras).

De manera consistente con este enfoque, Mercado Libre probó e integró APIs del Privacy Sandbox para mantener funciones críticas (analíticas y de prevención de fraude) mientras fortalece la privacidad del usuario. De acuerdo con el caso público de Google, la empresa auditorió su uso de cookies de terceros y adoptó gradualmente alternativas del Sandbox (incluidas cookies particionadas) para sostener la detección de anomalías e identificación de dispositivos sin depender de cookies de terceros ampliamente compartidas (Google, 2025).

Esta estrategia resulta ser coherente ya que alinea el cumplimiento normativo con la eficacia operativa del esquema antifraude.

Además, a nivel organizacional, MELI documenta un Cyber Risk Management Program y esquemas de monitoreo 24/7 sobre infraestructura y procesos críticos, con equipos dedicados a prevenir, detectar y contener incidentes, lo que se integra con prácticas de gestión de riesgos y seguridad de la información a lo largo del ecosistema (marketplace, pagos, y logística). Estas medidas se articulan con capacidades de modelado de riesgo y automatización para la detección temprana de patrones anómalos, acorde con las mejores prácticas del sector.

Del mismo modo, dentro del plano operativo, la compañía utiliza modelos de redes neuronales y clasificadores sensibles al costo (*cost-sensitive classification*) que ponderan la probabilidad de fraude y el costo esperado de los errores, optimizando la decisión de aprobar, revisar o rechazar una transacción. Estas técnicas son habituales en riesgo transaccional (pago), abuso de cuenta y conducta sospechosa en el marketplace (por ejemplo, velocidad atípica de publicaciones o devoluciones inusuales), y se integran con señales de historial, geolocalización, método de pago, huella de dispositivo y comportamiento. Es decir, cuando se detecta una posible actividad fraudulenta, el sistema activa alertas que permiten a los equipos de seguridad de MELI intervenir de manera inmediata. Por ejemplo, si un vendedor muestra un volumen de ventas inusualmente alto para productos con una alta tasa de devoluciones, el sistema marca esta cuenta para su revisión. Esto no solo protege a los compradores, sino que también mantiene la confianza en el ecosistema.

A su vez, la protección al comprador se instrumenta a través del Buyer Protection Program (BPP), un programa corporativo de garantía que reconoce y provisiona contablemente posibles pérdidas por fraude o incumplimiento de la contraparte en transacciones del marketplace cursadas por Mercado Pago. El BPP funciona como una capa de mitigación para incidentes residuales no filtrados por los modelos, y su existencia y alcance se describen en los informes presentados ante la SEC (Securities and Exchange Commission).

Por otra parte, la perspectiva de ingeniería de producto, el flujo antifraude se complementa con controles de identidad (por ej., verificación y autenticación en altas y operaciones sensibles) y con gestión de disputas/reversiones de pagos documentada en los portales de desarrolladores. Estos mecanismos reducen la fricción transaccional a la vez que preservan la seguridad de las partes, constituyendo una segunda línea de defensa (operativa y legal) en el ciclo de pagos.

Es así como el uso público de módulos de prevención de fraude, técnicas de device identification, la existencia del BPP como red de contención y la estructura de riesgo y ciberseguridad corporativa conforman en conjunto una estrategia multicapa (modelos → controles → mitigación) que combina prevención, detección en línea y remediación.

Gracias a estas herramientas, MELI ha logrado reducir los intentos de fraude en un 40%, de igual modo los reportes de transparencia y de impacto muestran esfuerzos de aplicación proactiva (por ejemplo, remoción de listados que violan políticas y reforzamiento de controles), mientras que la evolución de *KPIs* del ecosistema (crecimiento de compradores y transacciones, continuidad operativa) sugiere efectividad operativa del esquema antifraude y de protección al usuario.

Además, la implementación de IA ha permitido identificar nuevas modalidades de fraude que, de otro modo, podrían haber pasado desapercibidas. En términos metodológicos, la combinación de modelos ML con controles de identidad y disputas tiende a disminuir las pérdidas esperadas y a fortalecer la confianza del usuario, factor clave para sostener el crecimiento del marketplace y de la plataforma de pagos.

3.2.1.3. Automatización Logística con Mercado Envíos

Mercado Envíos como el brazo logístico de Mercado Libre, es otro de los pilares donde la IA ha jugado un papel crucial. Este sistema gestiona millones de entregas al mes en toda América Latina, un desafío considerable dado el tamaño y la diversidad geográfica de la región. Para abordar estas complejidades, la empresa ha implementado algoritmos de aprendizaje automático que optimizan las operaciones logísticas.

En primer lugar, la planificación de rutas de entrega, donde esta se considera una de las áreas en que las arquitecturas inteligentes han mostrado un mayor impacto. Dentro, los algoritmos analizan datos como la ubicación de los almacenes, el tráfico en tiempo real y las ventanas de entrega preferidas por los usuarios para diseñar rutas óptimas.

Es así que, Mercado Envíos opera una red regional de fulfillment, cross-docking, última milla y capacidad aérea dedicada que permite sostener servicios acelerados ya sea en el mismo día o al siguiente día a gran escala. La compañía reporta, para 2024–2025, niveles de servicio con 50% de envíos same/next-day y 74% entregados en menos de 48 horas, junto con un crecimiento interanual en compradores únicos y 492 millones de ítems vendidos en el trimestre, lo que impone exigencias de coordinación logística y de pronóstico operativo (Nasdaq, 2025).

Para una adecuada comprensión, es importante conocer las siguientes definiciones:

- **Fulfillment (cumplimiento de pedidos):** es un conjunto de procesos dentro del centro de distribución que abarcan recepción, almacenamiento, *picking*, *packing* y despacho, orientados a preparar pedidos con el nivel de servicio comprometido (Chopra & Meindl, 2016; CSCMP, 2023).
- **Cross-docking:** es la técnica de flujo directo en la que la mercancía se transfiere desde el muelle de recepción al de expedición con mínimo o nulo almacenamiento, reduciendo tiempos de ciclo y costos de manipulación (Rushton et al., 2017; CSCMP, 2023).
- **Última milla:** se considera el tramo final de la entrega desde el nodo logístico (p. ej., *fulfillment center* o *hub* urbano) hasta el cliente, donde se concentra gran parte del costo y la variabilidad operativa por densidad de paradas y ventanas horarias (Chopra & Meindl, 2016; Rushton et al., 2017).
- **Capacidad aérea dedicada:** es el uso de medios aéreos propios o contratados de forma exclusiva (flota o acuerdos *charter*) para asegurar frecuencia, confiabilidad y tiempos de tránsito predecibles entre nodos de la red (CSCMP, 2023; Rushton et al., 2017).

A su vez, para resolver cargas operativas sensibles a la latencia dentro de los centros de distribución (por ejemplo, sorters, automatización y robots), MELI utiliza AWS Outposts, ejecutando la digitalización industrial con control en tiempo casi real. A nivel de plataforma, orquesta más de 10.000 despliegues diarios sobre más de 120.000 instancias de Amazon EC2 y procesa alrededor de 900 millones de solicitudes por minuto, sosteniendo decenas de miles de microservicios (AWS, 2023; AWS, 2024). Esta base técnica permite iterar rápidamente modelos de ruteo, asignación de capacidad y slotting de inventario en picos estacionales.

Por lo tanto, la planificación de última milla combina modelos de IA con señales de tráfico en tiempo real, ventanas horarias y priorización por promesa logística, optimizando rutas y secuenciando paradas para reducir tiempos y kilómetros

por paquete. En paralelo, la red de fulfillment y la capacidad aérea (Meli Air) mejoran la confiabilidad del tiempo de ciclo, facilitando la consolidación de bultos y la sincronización entre nodos (SEC, 2025; FreightWaves, 2025).

Finalmente, la empresa integra previsión de la demanda con reposición y redistribución entre centros, acercando ítems de alta rotación al punto de consumo para reducir quiebres y tiempos de entrega. La automatización en centros de distribución —soportada por Outposts— habilita visión artificial y control de flujos (throughput) en baja latencia, coherente con lo declarado en el marco del instrumento a Virginia Rocco, quien forma parte del equipo de MELI (uso de ML, visión artificial y foco en tiempos de entrega y capacidad de respuesta) como beneficios clave (Entrevista estructurada MELI, comunicación personal, 2025). Las inversiones recientes (Brasil: USD 5.8 mil millones en 2025; México: USD 3.4 mil millones) priorizan logística y tecnología, reforzando la expansión de fulfillment y de capacidades de transporte (Reuters, 2025).

En resumen, la automatización logística de dicha compañía se sostiene en la convergencia de modelos de IA para planificación y ruteo, infraestructura digital de baja latencia en centros de distribución (ya sea automatización, visión artificial y control de flujo) y una red física escalable que integra *fulfillment*, *cross-docking*, última milla y capacidad aérea dedicada.

La evidencia pública (como niveles de servicio same/next-day y entregas en menos de cuarenta y ocho horas) y el ritmo de inversión regional corroboran que la arquitectura técnica—basada en AWS Outposts y Amazon EC2—permite iterar rápidamente y alinear la ejecución con señales de demanda en tiempo casi real (AWS, 2023; AWS, 2024; Nasdaq, 2025; Reuters, 2025; SEC, 2025; FreightWaves, 2025). A su vez, los hallazgos de la entrevista primaria (uso de *machine learning*, visión artificial y foco en tiempos de entrega y capacidad de respuesta) son coherentes con estos resultados, lo que refuerza la idea de que el impacto de estas tecnologías en Mercado Envíos no es aislado, sino producto de un diseño sistémico donde la previsión, orquestación y ejecución se retroalimentan para elevar la eficiencia operativa y la fiabilidad del servicio (Entrevista estructurada MELI, comunicación personal, 2025).

3.2.1.4. Impacto en el Ecosistema y KPI Alcanzados

La integración de algoritmos avanzados en esta compañía ha generado resultados tangibles en términos de eficiencia operativa y satisfacción del cliente conforme al reporte corporativo de la empresa y algunos artículos periodísticos que se han utilizado a modo de ejemplos.

Antes de presentar los resultados, es pertinente definir KPI (*Key Performance Indicators* o indicadores clave de desempeño). Los KPI son medidas cuantificables, alineadas con los objetivos estratégicos, que permiten monitorear el rendimiento, detectar desvíos y orientar la toma de decisiones (Kaplan & Norton, 1996; Parmenter, 2015).

Es así como, la integración de sistemas inteligentes en el ecosistema de esta empresa se refleja en métricas de servicio, crecimiento de la demanda, efectividad publicitaria y robustez operativa. En 2025, MELI reportó aceleración en niveles de servicio logístico, como nombramos anteriormente, el 50% de los envíos se entregó en el día o al día siguiente, y el 74% llegó en 48 horas o menos, estos son indicadores consistentes con el énfasis en ruteo dinámico, *fulfillment* y capacidad aérea propia (Nasdaq, 2025). Y a nivel anual, en 2024, manejó 1,8 mil millones de ítems con 49% de entregas *same/next-day* a escala regional (FreightWaves, 2025). Estos resultados representan una ejecución logística habilitada por IA que impacta directamente en la satisfacción del cliente y en la competitividad de Mercado Envíos.

A su vez, la base de compradores únicos creció 25% interanual, con mejoras récord en preferencia de marca en Brasil, México, Argentina y Chile, lo que contribuyó al crecimiento del GMV (Gross Merchandise Volume/Value es decir el valor monetario total de los bienes vendidos).

Y junto con ello, el frente publicitario, haciendo referencia a la vertical de Mercado Ads, donde se mostró crecimiento interanual, apalancado en datos de primera parte y mejoras en descubrimiento. En paralelo, la iniciativa GenAds (creatividad publicitaria con IA generativa en AWS) registró +25% de CTR (Click-Through Rate, tasa de clics) frente a campañas no-GenAds, más de 90.000 banners generados y +45% de impresiones (AWS/Mutt Data, 2025; Nasdaq, 2025). Estos indicadores conectan la personalización y el descubrimiento algorítmico con resultados de negocio.

En la actualidad, la compañía realiza más de 10 mil despliegues por día y opera más de 120 mil instancias de Amazon EC2, en conjunto, su plataforma procesa alrededor de 900 millones de solicitudes por minuto. Además, como mencionamos anteriormente, utiliza AWS Outposts dentro de sus centros de distribución para ejecutar automatización industrial de muy baja latencia (clasificadoras y robótica), lo que permite actualizar y probar modelos con rapidez y mantener un alto desempeño incluso en temporadas de máxima demanda (AWS, 2023; AWS, 2024). En consecuencia, dentro de su portal de relaciones con inversores, Mercado Libre informa 74% de entregas en 48 horas, 55% de penetración *fulfillment* y 95% de paquetes enviados por su propia red, reforzando el control extremo a extremo (Investor Relations, 2025).

Síntesis de KPI con respaldo público:

- **Nivel de servicio logístico:** En el primer trimestre de 2025, el cincuenta por ciento de los envíos se entregó en el mismo día o al día siguiente y el setenta y cuatro por ciento en cuarenta y ocho horas o menos (Nasdaq, 2025).
- **Volumen:** En 2024 se procesaron aproximadamente mil ochocientos millones de ítems; el cuarenta y nueve por ciento se entregó en el mismo día o al día siguiente (FreightWaves, 2025).
- **Demanda y engagement:** Los compradores únicos crecieron un veinticinco por ciento interanual en el primer trimestre de 2025 (Nasdaq, 2025).
- **Efectividad publicitaria:** Las campañas con **GenAds** registraron un incremento del veinticinco por ciento en la tasa de clics (CTR), un cuarenta y cinco por ciento más de impresiones y la generación de más de noventa mil banners (AWS Partner Mutt Data, 2025; Nasdaq, 2025).
- **Tasa de conversión:** Se registró un incremento del 25% asociado a la implementación de recomendaciones personalizadas.
- **Reducción de fraudes:** La adopción de sistemas avanzados de detección se vinculó con una disminución del 40% en actividades fraudulentas.

- **Optimización logística:** Los tiempos promedio de entrega se redujeron en 20%, lo que fortaleció la competitividad de Mercado Envíos.
- **Satisfacción del cliente:** Las valoraciones positivas sobre la experiencia de compra aumentaron en 15%.
- **Precisión de inventarios:** La gestión basada en IA mejoró la exactitud de los niveles de inventario en 30%.

En conjunto, los resultados verificados como niveles de servicio acelerados, crecimiento de la demanda, mayor efectividad publicitaria y robustez operativa demuestran que la integración de sistemas basados en IA en Mercado Libre no opera de manera aislada, sino como parte de un diseño socio-técnico que combina analítica avanzada, infraestructura de cómputo a gran escala y una red física de *fulfillment*, *cross-docking*, última milla y capacidad aérea (AWS, 2023; AWS, 2024; Nasdaq, 2025).

Es así que, el modo causal operativo refleja mejoras en la previsión y la orquestación, en las que se elevan la precisión y la velocidad de ejecución, y el resultado se sustenta en KPI de conversión, nivel de servicio, reducción de fraude y exactitud de inventario. Tales efectos consolidan a esta empresa como referente regional de innovación, al tiempo que marcan un estándar para otras plataformas que buscan escalar con sistemas inteligentes en comercio electrónico.

Desde una perspectiva de gestión, estos hallazgos refuerzan el valor de gobernar los KPI como instrumentos de estrategia y aprendizaje continuo (definición clara, línea base, metas y frecuencia de medición), alineados con objetivos SMART y con un gobierno de datos que garantice calidad, seguridad y cumplimiento (Kaplan & Norton, 1996; Parmenter, 2015).

A su vez, el desempeño alcanzado depende de inversiones sostenidas en logística y tecnología, como automatización en centros, cómputo en el borde, y expansión de *fulfillment*, donde la gestión del cambio organizacional (talento, cultura y evaluación del retorno de la inversión), factores también señalados en la evidencia primaria.

En términos de generalización, el caso aporta un marco replicable a establecer una arquitectura de datos confiable, priorizar casos de uso con impacto medible, operar

con iteración rápida de modelos y testing a escala, y anclar el seguimiento en KPI de proceso y de resultado.

Finalmente, la experiencia de Mercado Libre, como líder en innovación tecnológica dentro de la región, sienta un precedente para el ecosistema latinoamericano, cuando se articula con infraestructura y gobierno de métricas, eleva la eficiencia operativa y la satisfacción del cliente fortaleciendo la ventaja competitiva sostenible en mercados de alto crecimiento y alta volatilidad (AWS, 2023; AWS, 2024; Nasdaq, 2025; FreightWaves, 2025).

IV. IDENTIFICACIÓN DE BARRERAS Y DESAFÍOS

La incorporación de la inteligencia computacional en los procesos empresariales representa una oportunidad transformadora para optimizar operaciones, reducir costos y mejorar la competitividad en un mercado globalizado, no obstante, su adopción encuentra fricciones que combinan límites económicos (costos hundidos y recurrentes, incertidumbre sobre el retorno), tecnológicos (calidad e integración de datos, interoperabilidad, ciberseguridad), y culturales-organizativos (capacidades, liderazgo, gestión del cambio). Estos obstáculos son particularmente evidentes en sectores donde la infraestructura y la preparación organizacional no están completamente alineadas con las demandas de estas tecnologías emergentes.

Desde un punto de vista económico, los costos asociados con la implementación de IA suelen ser prohibitivos, especialmente para pequeñas y medianas empresas. Los gastos iniciales incluyen la adquisición de tecnologías avanzadas, la formación de personal capacitado y la integración de sistemas existentes. Como se señala en el informe sobre Transformación Digital en la Logística Internacional, estas barreras económicas son aún más pronunciadas en mercados emergentes, donde las limitaciones presupuestarias dificultan la planificación estratégica y el acceso a soluciones tecnológicas de última generación.

En el ámbito tecnológico, la adopción de algoritmos inteligentes enfrenta desafíos relacionados con la infraestructura digital, la interoperabilidad entre sistemas y la capacidad de gestionar grandes volúmenes de datos. Según el documento La Logística 4.0, muchas empresas carecen de las plataformas necesarias para integrar herramientas como algoritmos de aprendizaje automático, sistemas de gestión avanzada (ERP y WMS) y sensores IoT. Esta falta de preparación tecnológica crea un ecosistema fragmentado que limita la capacidad de aprovechar plenamente los beneficios de la IA.

A nivel organizacional, las barreras culturales y de gestión son igualmente relevantes. La resistencia al cambio, la percepción de la IA como una amenaza para los empleos tradicionales y la falta de habilidades digitales en la fuerza laboral dificultan la transición hacia modelos operativos más automatizados. Además, la falta

de comunicación interna sobre los beneficios de estas tecnologías puede generar un ambiente de incertidumbre y falta de predisposición entre los empleados. Como destaca Benjamín Riquelme Oyarzún en su análisis de la Logística 4.0, es esencial construir una cultura de innovación y promover la capacitación constante para superar estas resistencias.

A pesar de estos desafíos, las empresas están encontrando formas innovadoras de superarlos. La colaboración entre corporaciones y startups tecnológicas, el apoyo gubernamental a la digitalización y las inversiones en educación y formación son algunas de las estrategias más efectivas para abordar estas barreras.

En este contexto, los ejemplos desarrollados a lo largo de este trabajo, como lo son Mercado Libre, Acor, Crane Worldwide Logistics, Surmat SRL, entre otros, se vuelven la evidencia más clara de estas barreras en acción (heterogeneidad de datos, sistemas legados, brechas de talento y exigencias de cumplimiento transfronterizo). Al escalar, las fricciones se vuelven visibles; sin embargo, justamente por ello suelen ser las primeras en demostrar beneficios netos cuando gobiernan procesos y datos: priorizan la optimización de rutas e inventarios, estandarizan procedimientos y conectan sus sistemas (WMS/ERP) mediante integraciones EDI/API para reducir errores e intensificar el flujo de información confiable hacia los algoritmos. Las entrevistas estructuradas dan cuenta de que este encaje socio-técnico se traduce en mejoras trazables de lead time, OTIF y costo por entrega, es decir, en ventajas competitivas sostenibles que emergen a partir de enfrentar —y no eludir— los desafíos de la expansión.

4.1. Barreras Económicas

El despliegue de soluciones basadas en IA en logística y supply chain ha abierto nuevas oportunidades que prometen eficiencias sustanciales; sin embargo, a pesar de sus evidentes ventajas, también expone un conjunto de barreras económicas que condicionan su alcance, especialmente en PYMES y en economías emergentes.

En términos de estructura de costos, el desafío comienza con el CAPEX inicial (sensórica, robótica, infraestructura de redes, servidores y/o dispositivos de borde), y continúa con OPEX recurrente en forma de suscripciones cloud, soporte, mantenimiento de modelos y licencias de software. Además, la incertidumbre sobre el

ROI (retorno de la inversión) y los plazos de payback—que dependen de mejoras verificables en OTIF/fill rate, reducción de stockouts y precisión de pronóstico (MAPE)—dificultan la aprobación de inversiones, sobre todo en contextos de volatilidad cambiaria. En paralelo, el costo de datos (depuración, estandarización y, cuando aplica, etiquetado) y la integración con sistemas legados (WMS/TMS/ERP mediante EDI/API) presionan presupuestos y agendas, mientras que los requerimientos de talento (científicos de datos, MLOps, ingenieros de integración) elevan el costo total de propiedad. A su vez, la exposición a vendor lock-in en la nube (egress fees, descuentos condicionados, limitaciones de portabilidad) y las obligaciones de cumplimiento y auditoría (seguridad, privacidad y, crecientemente, gestión de riesgos de IA) añaden fricciones y riesgos financieros. En síntesis, aun cuando la curva de beneficios es clara, las empresas enfrentan un “escalón económico” inicial que debe gobernarse con métricas, estándares y financiación adecuada.

Según Sørensen (2024), estas inversiones pueden representar hasta el 40% del presupuesto total de digitalización de una empresa, lo que resulta especialmente desafiante para pequeñas y medianas empresas con márgenes limitados. Además, la falta de estandarización en los sistemas de IA incrementa los costos indirectos, ya que las empresas deben adaptar las tecnologías disponibles a sus necesidades específicas, recurriendo en muchos casos a consultores externos o desarrolladores especializados. Este proceso no solo incrementa los gastos, sino que también ralentiza la implementación, afectando la competitividad de las empresas.

Respecto de la incertidumbre sobre el retorno de la inversión, como nombramos anteriormente, amplifica las dificultades económicas de la adopción de automatización inteligente. Pero, aunque las proyecciones a largo plazo indican beneficios significativos, como la reducción de costos operativos y mejoras en la eficiencia, los resultados inmediatos no siempre son evidentes. Según el AI Index Report (2021), en sectores como la logística, el impacto financiero positivo de la IA suele materializarse entre dos y cinco años después de su implementación inicial. Esta brecha temporal desalienta a las empresas con necesidades de liquidez a corto plazo, especialmente en contextos económicos inestables. Además, las herramientas financieras tradicionales no capturan adecuadamente los beneficios intangibles de estas tecnologías cognitivas, como la mejora en la experiencia del cliente o el aumento de la resiliencia

organizacional, lo que perpetúa la percepción de alto riesgo económico asociada con estas inversiones.

Es así como las compañías de gran escala evidencian la magnitud de los compromisos financieros requeridos. Walmart, por ejemplo, ha canalizado una porción relevante de su CAPEX a la modernización y automatización de su cadena de suministro (incluida la alianza con Symbotic para automatizar centros de distribución), con una guía el entorno de 3%–3,5% de ventas para 2025 y foco explícito en supply chain y tecnología; donde esta escala explica por qué los retornos son visibles al integrar automatización física con software y analítica, pero también ilustra una barrera de entrada para actores más pequeños que no pueden igualar esos compromisos (Walmart Investor Day 2024). En Amazon, la expansión de robótica (p. ej., “Sequoia”) responde a objetivos de productividad y seguridad, pero exige inversiones intensivas en integración con sistemas y en rediseño de procesos, un costo hundido que no todas las firmas pueden afrontar de inmediato. En América Latina, Mercado Libre (MELI) anunció en 2025 inversiones récord en México (\approx US\$2.450 millones) para expandir capacidad logística, robótica y servicios, lo que confirma que el CAPEX logístico-digital es crítico para sostener promesas de servicio (same/next-day) y, por consiguiente, para lograr el ROI de modelos de automatización y optimización; no obstante, esta escala excede la de la mayoría de PYMES de la región.

Si hablamos de la infraestructura tecnológica la cual representa otro desafío crítico acerca de la implementación de IA, la misma requiere sistemas avanzados de almacenamiento, procesamiento y análisis de datos, que a menudo no están disponibles en muchas regiones, particularmente en economías emergentes. Goodfellow, Bengio y Courville (2016) destacan que, sin capacidades tecnológicas adecuadas, las empresas enfrentan costos adicionales para desarrollar o externalizar estas infraestructuras, lo que puede ser prohibitivo para organizaciones con recursos limitados. Este problema se agrava por la necesidad de adoptar inteligencia computacional con sistemas legados, un proceso que suele ser costoso y complejo debido a la falta de interoperabilidad tecnológica. La fragmentación del ecosistema digital genera sobrecostos y dificulta el aprovechamiento pleno de las capacidades de la IA. En este marco, el caso de Surmat SRL en San Juan ilustra cómo las restricciones de infraestructura tecnológica se vuelven particularmente agudas para una PyME intensiva en operación de campo:

además del financiamiento para sensorica básica y TMS livianos, la conectividad irregular en corredores andinos y la disponibilidad limitada de talento técnico local condicionan el ritmo de adopción y encarecen la integración con sistemas legados (ERP/WMS), reproduciendo los sobrecostos de interoperabilidad señalados por la literatura (Entrevista estructurada Surmat SRL, comunicación personal, 2025; cf. Goodfellow, Bengio, & Courville, 2016).

De igual modo, otro aspecto económico relevante es el costo asociado con la formación de recursos humanos donde la escasez de profesionales capacitados en inteligencia automatizada incrementa los gastos de contratación y formación, especialmente en sectores donde las habilidades técnicas avanzadas son esenciales. Según Sarkis (2021), la contratación de expertos en programación, análisis de datos y diseño de algoritmos representa un desafío financiero considerable. Además, las empresas que optan por formar internamente a su personal deben invertir en programas de capacitación, lo que implica no solo costos directos, sino también la pérdida temporal de productividad mientras los empleados adquieren nuevas habilidades. Este desafío no se limita a la formación técnica; también incluye la necesidad de gestionar el cambio organizacional y fomentar una cultura de innovación que permita la aceptación de la IA como parte integral de las operaciones. Este punto se evidencia en Arcor que presenta cómo el costo de formación y reconversión del capital humano se vuelve una barrera económica tangible cuando se avanza en digitalización y trazabilidad. La migración a plataformas en la nube y la adopción de software industrial exigen reentrenar a operarios y técnicos en competencias de datos e IoT, capacitar a planificadores en analítica/aprendizaje automático y fortalecer roles de ciberseguridad y compliance; ello incrementa el OPEX por horas de capacitación, certificaciones y cobertura de turnos, y además implica curvas de aprendizaje con caídas temporales de productividad—exactamente el fenómeno descrito por Sarkis (2021). A su vez, la integración con ERP/WMS y la coordinación OT/IT requieren talleres internos, manuales estandarizados y coaching en piso para asegurar disciplina de captura de datos y uso de tableros, lo que suma costos indirectos de gestión del cambio. (Oracle, 2021; Entrevista estructurada Arcor, comunicación personal, 2025; Sarkis, 2021).

En el contexto de las economías emergentes, las barreras económicas para la implementación de IA se ven exacerbadas por la limitada capacidad de inversión y el acceso restringido a financiamiento. Según el informe Transformación Digital en la Logística Internacional (2023), muchas empresas en estas regiones dependen de incentivos gubernamentales y asociaciones estratégicas con grandes corporaciones para cubrir los costos iniciales. Sin embargo, estos recursos suelen ser insuficientes para satisfacer las necesidades del mercado. Además, la falta de políticas públicas específicas que promuevan la digitalización empresarial contribuye a perpetuar estas desigualdades tecnológicas. Como resultado, las empresas que no logran adoptar tecnologías avanzadas quedan en desventaja competitiva, lo que afecta su capacidad para participar en cadenas de valor globales.

A pesar de estas barreras, existen estrategias que pueden ayudar a mitigar los desafíos económicos asociados con la adopción de sistemas inteligentes. Una de las soluciones más efectivas es el uso de modelos de pago por uso, que permiten a las empresas acceder a soluciones de IA como servicio. Este enfoque reduce los costos iniciales al eliminar la necesidad de adquirir infraestructura propia, permitiendo a las organizaciones escalar sus operaciones de manera gradual y en función de sus necesidades. Además, los incentivos gubernamentales, como subsidios, exenciones fiscales y programas de capacitación pueden desempeñar un papel crucial para aliviar las barreras económicas, especialmente en regiones donde el apoyo financiero es limitado. Las colaboraciones público-privadas también se han demostrado efectivas, permitiendo a las empresas compartir los costos y riesgos asociados con la implementación de nuevas tecnologías, al tiempo que fomentan un acceso más equitativo a estas tecnologías.

El desarrollo de soluciones escalables y adaptadas a las necesidades específicas de las PYMES también es esencial para reducir las barreras económicas. Los proveedores tecnológicos están diseñando plataformas más accesibles que facilitan la integración gradual de arquitecturas inteligentes, permitiendo a las empresas adoptar estas tecnologías sin incurrir en sobrecostos. Estas soluciones no solo democratizan el acceso a la IA, sino que también promueven su adopción en sectores y regiones tradicionalmente rezagados.

4.2. Barreras Tecnológicas

Incorporar sistemas inteligentes en el ámbito empresarial está transformando la manera en que las organizaciones gestionan sus operaciones, toman decisiones y mejoran la eficiencia. No obstante, este proceso está acompañado de barreras tecnológicas que dificultan su implementación plena. Estas limitaciones se manifiestan en diversas formas, desde la insuficiencia de infraestructura tecnológica y la interoperabilidad de sistemas hasta problemas relacionados con la calidad y seguridad de los datos. En este apartado, se analizan estas barreras de manera crítica, abordando sus implicaciones y posibles soluciones desde una perspectiva científica y académica.

Una de las barreras tecnológicas más evidentes es la carencia de infraestructura adecuada en muchas regiones y sectores. Este desafío es especialmente notorio en economías emergentes, donde las inversiones en tecnología no han alcanzado los niveles requeridos para soportar sistemas inteligentes. Aun con la expansión del 4G, persisten brechas de cobertura y de “uso” en zonas rurales, lo que limita la captura y transmisión continua de datos para casos de IA operacional; GSMA 2024 y un informe INTA/ENACOM (2025) resaltan que no cualquier acceso alcanza, sino que es necesario una banda ancha de calidad y estable para aplicaciones productivas. En Argentina, al no contar con regiones cloud completas, muchas cargas de IA se ejecutan fuera (p. ej., São Paulo o Santiago), introduciendo latencias adicionales; Google Cloud mostró reducciones del 80–95% en Round-Trip Time (tiempo total, medido en milisegundos (ms), que tarda un mensaje en ir desde el emisor al destino y volver con una respuesta) al acercar la región a Sudamérica, lo que ilustra el impacto cuando la región está lejana. Si bien AWS lanzó una Local Zone en Buenos Aires que atenúa la latencia para ciertos *workloads*, una Local Zone es extensión de una región principal (en este caso US East, N. Virginia), por lo que servicios avanzados no disponibles localmente siguen dependiendo de la conectividad con la región, manteniendo la barrera para usos de IA casi en tiempo real.

Por otra parte, la interoperabilidad entre sistemas existentes y nuevas tecnologías es una cuestión que continúa generando retos significativos. En muchas empresas, los sistemas legados no están diseñados para interactuar con plataformas avanzadas, lo que genera sobrecostos y complicaciones operativas. Christopher (2016)

describe este fenómeno como una de las principales causas de retrasos en la implementación tecnológica dentro de cadenas de suministro complejas. La incapacidad de conectar sistemas antiguos con nuevas herramientas limita el flujo de información, un aspecto crítico para que los algoritmos de computación cognitiva puedan analizar datos de manera eficiente y precisa. Es así como, operadores logísticos (3PL) como Crane Worldwide Logistics piden que las empresas “hablen el mismo idioma digital” (EDI/API) y sigan sus manuales de conexión para intercambiar pedidos y estados de envío de forma automática. En Argentina, GS1 impulsa justamente esos formatos comunes para el transporte y la logística, y empresas locales como Andreani ofrecen canales de integración para consultar envíos y coordinar entregas. Sin embargo, cuando los sistemas más antiguos de una compañía no cuentan con esas “puertas estándar”, hay que adaptarlos o construir puentes.

La calidad de los datos también desempeña un papel crucial como barrera tecnológica. Los algoritmos inteligentes requieren grandes volúmenes de datos consistentes y precisos para operar de manera óptima. Sin embargo, muchas organizaciones carecen de los sistemas necesarios para recopilar, limpiar y gestionar estos datos de forma adecuada. Según Goodfellow, Bengio y Courville (2016), la calidad deficiente de los datos puede llevar a resultados inconsistentes y poco confiables, socavando la confianza de las empresas en las soluciones basadas en IA. En línea con lo anterior, el caso de Mercado Libre muestra que la fragmentación de herramientas analíticas dificultaba contar con una visión integral y en tiempo real y con datos confiables para la toma de decisiones; para superarlo, la empresa consolidó su analítica de producto —telemetría y segmentación— en una misma plataforma (Amplitude, 2024). Esto subraya la importancia de implementar estándares y procesos claros de gestión y gobernanza de datos (calidad, integración y tiempos de actualización) dentro de las organizaciones.

Otro aspecto crucial es la seguridad de los datos. La inteligencia computacional a menudo requiere la recopilación de información sensible, lo que plantea riesgos significativos en términos de privacidad y ciberseguridad. En economías emergentes, donde las regulaciones sobre protección de datos suelen ser más laxas, las empresas son particularmente vulnerables a ciberataques y brechas de seguridad. Según un informe del Banco Mundial (2020), esta falta de seguridad incrementa el riesgo de

pérdidas financieras y reputacionales, disuadiendo a muchas organizaciones de adoptar tecnologías avanzadas. Además, las preocupaciones sobre el cumplimiento normativo y las posibles sanciones legales añaden una capa adicional de complejidad. Andreani ilustra esta prioridad, donde la compañía fortaleció el monitoreo y control de datos, y aumentó su inversión en ciberseguridad en un 478% respecto de 2023, lo que muestra que “cerrar puertas” y tener visibilidad de los sistemas es un paso previo para escalar soluciones de IA en logística (Andreani, 2024). A nivel global, los informes IBM X-Force subrayan la tendencia: en 2024 el uso de credenciales válidas robadas creció con fuerza y fue uno de los principales modos de acceso (IBM, 2024; IBM, 2025).

La complejidad inherente de los algoritmos avanzados es otra barrera tecnológica que las empresas deben enfrentar. Los sistemas de automatización inteligente como el aprendizaje profundo y el análisis predictivo no sólo son altamente especializados, sino que también requieren una significativa inversión en recursos humanos y tecnológicos. Russell y Norvig (2020) destacan que la falta de personal capacitado en diseño y operación de sistemas de IA representa un obstáculo considerable, particularmente para pequeñas y medianas empresas que carecen de los recursos necesarios para contratar y retener talento especializado. Además, la necesidad de personalizar estos algoritmos según las necesidades específicas de cada organización añade costos y tiempos adicionales al proceso de implementación.

La ausencia de estandarización global en las plataformas de IA también dificulta su integración y escalabilidad. Según Sarkis (2021), la falta de normas claras para el desarrollo e implementación de estas nuevas tecnologías genera inconsistencias que limitan la capacidad de las empresas para adoptar soluciones modulares y flexibles. Este problema no solo afecta a las organizaciones individuales, sino que también impacta negativamente en la colaboración entre diferentes actores dentro de una misma cadena de valor, restringiendo el potencial transformador de la IA en el ámbito industrial.

Para superar estas barreras tecnológicas, es esencial adoptar estrategias colaborativas que involucren tanto al sector privado como al público. Una de las soluciones más prometedoras es la creación de infraestructuras tecnológicas compartidas que permitan a las empresas acceder a recursos avanzados sin incurrir en altos costos individuales. Estos espacios pueden incluir centros de datos, redes de

comunicación robustas y plataformas de análisis de datos, que sirvan como base para la implementación de IA en diversos sectores.

Además, las políticas públicas tienen un papel fundamental para fomentar la adopción de sistemas inteligentes. Los incentivos gubernamentales, como subsidios para la adquisición de tecnología y programas de capacitación técnica, pueden reducir significativamente las barreras tecnológicas, especialmente en economías emergentes. Asimismo, la promoción de estándares globales para la interoperabilidad y la seguridad de los datos es crucial para garantizar que las empresas puedan integrar soluciones de IA de manera efectiva y segura.

En conclusión, las barreras tecnológicas representan desafíos significativos para la implementación de IA en las organizaciones. Desde la insuficiencia de infraestructura y la interoperabilidad limitada hasta los problemas relacionados con la calidad de los datos y la seguridad, estas limitaciones requieren un enfoque estratégico y colaborativo para ser superadas. La adopción exitosa no solo depende de avances tecnológicos, sino también de un entorno regulatorio y estructural que facilite su integración y maximice su impacto transformador en las operaciones empresariales.

4.3. Barreras Culturales y Organizativas

Dentro de las organizaciones se plantean desafíos más allá de los tecnológicos y económicos. Los factores culturales y organizativos desempeñan un papel crucial en el éxito o fracaso de estas iniciativas, ya que influyen directamente en la aceptación de la tecnología y en la capacidad de las empresas para adaptarse a los cambios que esta conlleva. Las mismas están profundamente arraigadas en los valores organizacionales, en las dinámicas de poder y en las actitudes de los empleados y directivos hacia la innovación.

Uno de los desafíos más persistentes es la resistencia al cambio, un fenómeno ampliamente documentado en la literatura organizacional. La introducción de sistemas avanzados suele ser percibida como una amenaza a los roles tradicionales y a la seguridad laboral, especialmente en sectores donde las tareas manuales han sido predominantes durante décadas. Según Hanson y Nwakile (2024), esta resistencia no solo surge de los empleados de base, sino que también afecta a los mandos intermedios, quienes temen perder relevancia en un entorno más automatizado. Este punto se

evidencia en Chile 2024, donde una huelga de la Federación Nacional de Trabajadores de Walmart mantuvo decenas de locales cerrados y otros operando parcialmente, en el marco de tensiones por la reorganización de tareas y la mayor automatización en tienda. Posteriormente, en junio de 2025, un tribunal laboral ordenó a Walmart Chile poner fin a sus contratos “multifuncionales”, subrayando que la redefinición de funciones exige reglas claras y salvaguardas para sostener el cambio.

Otro aspecto crítico es la falta de comprensión por parte de la alta dirección sobre el potencial de la analítica avanzada. Los líderes empresariales que no están familiarizados con las capacidades de estas tecnologías tienden a adoptar enfoques conservadores, priorizando la estabilidad organizacional sobre la innovación. Este fenómeno es especialmente común en empresas familiares o con estructuras jerárquicas rígidas. Según Murire (2024), la falta de liderazgo transformacional limita la capacidad de las organizaciones para desarrollar estrategias integrales de adopción tecnológica, perpetuando prácticas obsoletas que obstaculizan el crecimiento.

La falta de una cultura de datos bien definida también representa una barrera significativa. Las nuevas plataformas cognitivas dependen de datos de alta calidad para generar insights precisos y confiables. Según Zöll (2024), esta falta de alfabetización en datos es particularmente evidente en pequeñas y medianas empresas, donde la inversión en herramientas de análisis de datos sigue siendo limitada. Sin embargo, empresas como Andreani y MELI han demostrado formas de mitigar esos efectos. En 2024, Andreani lanzó una especialización en datos para su personal —con capacitación en Power BI y acciones para fomentar cultura de datos— con el objetivo de que cada área utilice tableros y métricas comunes en la toma de decisiones (Andreani, 2024). MELI, por su parte, institucionalizó programas de IT Academy/Bootcamp que aceleran el onboarding en su stack y metodologías ágiles para quienes ingresan a equipos de tecnología. En paralelo, iniciativas abiertas (p. ej., formación a pymes y jóvenes) refuerzan un ecosistema proclive a la adopción tecnológica (Mercado Libre, 2025). El caso muestra que, aun en empresas grandes, es necesario cerrar brechas de alfabetización y hábitos de uso de datos para que la analítica e IA sean confiables y escalables.

A nivel cultural, los valores organizativos y las normas sociales pueden entrar en conflicto con las exigencias tecnológicas de la IA. Por ejemplo, en entornos donde

predominan estructuras jerárquicas rígidas, la descentralización de decisiones facilitada por la IA puede ser percibida como una amenaza a las dinámicas de poder existentes. Según Garba y Gil-Ozoudeh (2024), este desajuste cultural puede generar tensiones internas que dificultan la implementación de tecnologías avanzadas.

Además, la implementación de plataformas cognitivas requiere una comunicación interna efectiva para alinear las expectativas de los empleados con los objetivos tecnológicos de la organización. Sin embargo, muchas empresas subestiman la importancia de estas estrategias de comunicación, lo que resulta en malentendidos y resistencias innecesarias. Según Patil (2024), la falta de transparencia en los procesos de implementación de IA puede erosionar la confianza de los empleados en la dirección, exacerbando las barreras culturales y organizativas.

Es así que, el caso de la resistencia cultural no es uniforme; varía según el contexto regional y sectorial. En regiones con menor exposición a tecnologías avanzadas, ciertas áreas de América Latina y África, las percepciones culturales sobre la IA tienden a estar marcadas por el escepticismo. Según Mashayekh (2024), estas actitudes reflejan una combinación de falta de familiaridad tecnológica y preocupaciones sobre los impactos sociales de la automatización, como la pérdida de empleos.

Por otro lado, las barreras organizativas incluyen la desconexión entre las estrategias corporativas y las iniciativas tecnológicas. Muchas empresas tratan la implementación de arquitecturas inteligentes como proyectos aislados, en lugar de integrarlos en una visión estratégica más amplia. Según Esoimeme (2024), esta falta de alineación puede generar duplicidades y mal uso de los recursos, afectando la sostenibilidad de las inversiones en IA.

A nivel global, las diferencias culturales también influyen en la forma en que las organizaciones perciben y adoptan analíticas avanzadas. En países con una tradición de alta tecnología, como Japón y Corea del Sur, las barreras culturales tienden a ser menores debido a una aceptación generalizada de la automatización. En contraste, en regiones con menor digitalización, los temores sobre el impacto social y económico de la misma son más pronunciados, lo que genera desafíos adicionales para las empresas que buscan implementar estas tecnologías.

En el contexto de la globalización, las empresas multinacionales enfrentan el reto adicional de gestionar las diferencias culturales entre sus diversas unidades operativas. Por ejemplo, una estrategia de implementación de IA que funciona en una sede central en Europa puede no ser igualmente efectiva en filiales ubicadas en América Latina o Asia, donde las dinámicas culturales y organizativas son distintas. Según Cheah (2024), estas diferencias requieren un enfoque adaptativo que tenga en cuenta las particularidades de cada entorno cultural y organizativo.

Finalmente, las barreras culturales y organizativas no son estáticas; evolucionan con el tiempo a medida que las empresas y sus empleados se adaptan a nuevas realidades tecnológicas. Sin embargo, abordar estas barreras requiere un esfuerzo continuo para educar, inspirar y empoderar a todos los niveles de la organización. Esto implica no solo invertir en tecnología, sino también en las personas que la utilizan, fomentando una cultura de aprendizaje continuo y apertura al cambio.

4.4. Estrategias para Superar los Obstáculos

La integración de tecnología de IA enfrenta diversos desafíos económicos, tecnológicos, culturales y organizativos que, si no se abordan de manera adecuada, pueden limitar su potencial transformador en las organizaciones. Superar estos obstáculos requiere un enfoque integral, que combine estrategias de diversas índoles con ejemplos prácticos que evidencien el impacto positivo de estas acciones. Este apartado detalla las principales estrategias para superar las barreras mencionadas, destacando enfoques que han demostrado ser efectivos en contextos reales.

Una de las estrategias más efectivas para superar las barreras económicas es la adopción de modelos de colaboración entre empresas y proveedores tecnológicos. Según el estudio de Rey Escobar y Valle Nieto (2023), las alianzas estratégicas en Medellín, Colombia, entre empresas exportadoras y startups tecnológicas han permitido compartir los costos de implementación de plataformas cognitivas y reducir los riesgos financieros asociados con proyectos de innovación tecnológica. A la par, en Argentina, el INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial) opera un esquema colaborativo para PYMES que combina diagnóstico de madurez, vinculación con proveedores tecnológicos y capacitación. En 2024–2025, el organismo: (i) consolidó una Red federal de Industria 4.0 con más de 60 especialistas que acompañan proyectos

en territorio; (ii) desplegó Jornadas Virtuales de Transformación Digital e Industria 4.0 orientadas a promover adopción, formar talento y facilitar *networking*; (iii) puso a disposición un autodiagnóstico empresarial y una metodología de Diagnóstico 4.0 para construir planes de adopción escalonados; y (iv) avanzó, con financiamiento, en un laboratorio Industria 4.0 en INTI Mendoza para que las empresas prueben soluciones antes de escalar. Este andamiaje público–privado reduce el CAPEX/OPEX inicial (pilotos compartidos, plantillas y proveedores validados), mitiga riesgo y acelera la interoperabilidad al estandarizar el relevamiento y el plan de implementación. Además, el Plan Argentina 4.0 prevé convenios con cámaras (UIA, ADIMRA, CADIEEL, entre otras) para vincular PyMEs con proveedores y co-desarrollar soluciones, reforzando el acceso a tecnología avanzada con costos distribuidos.

En cuanto a las barreras tecnológicas, la inversión en infraestructura compartida emerge como una solución clave. Las plataformas tecnológicas colaborativas, como las iniciativas de data hubs o redes interconectadas, permiten a múltiples empresas acceder a recursos avanzados sin la necesidad de construir y mantener infraestructuras individuales. Según Garba y Gil-Ozoudeh (2024), en el sector energético, la implementación de plataformas compartidas ha demostrado ser efectiva para reducir costos y mejorar la interoperabilidad entre sistemas tecnológicos diversos. Estas estrategias pueden ser replicadas en otros sectores, incluyendo la logística y la manufactura, para fomentar una adopción más amplia de estos sistemas.

Otra estrategia tecnológica clave es la estandarización de plataformas y procesos. La falta de estándares claros ha sido una barrera recurrente en el despliegue de inteligencia computacional, pero iniciativas lideradas por organismos internacionales y asociaciones industriales están abordando este problema. Según Zöll (2024), la adopción de estándares globales para la interoperabilidad de sistemas y la seguridad de datos ha mejorado la eficiencia en la implementación de tecnologías avanzadas en servicios digitales. Esto no solo facilita la integración de herramientas de IA en diferentes entornos, sino que también reduce los costos asociados con la personalización y adaptación tecnológica. Por ejemplo, en Brasil, el Port Community System (PCS/ “Porto Sem Papel”) funciona como una plataforma colaborativa que integra, en un mismo entorno digital, la información de importadores, exportadores, puertos, terminales y organismos públicos, reduciendo duplicaciones y mejorando la

interoperabilidad entre sistemas heterogéneos; es un modelo de infraestructura compartida replicable a corredores logísticos terrestres y parques industriales.

Para superar las barreras culturales, la educación y la sensibilización son fundamentales. Crear una cultura organizacional que valore la innovación y el aprendizaje continuo es esencial para generar aceptación hacia la IA. Según Murire (2024), las organizaciones que invierten en programas de capacitación para sus empleados no solo reducen la resistencia al cambio, sino que también mejoran la capacidad de su fuerza laboral para adaptarse a nuevas tecnologías. Considerando el caso del Grupo BBVA, que se despliega en varias geografías, se encargó de ampliar su *Data & AI University* e incorporó itinerarios de IA generativa para perfiles técnicos, no técnicos y para la alta dirección; a noviembre de 2024 informó alrededor de 5.000 empleados con formación especializada y más de 50.000 con entrenamiento en datos/IA en varios países del Grupo, además de un plan específico para directivos orientado al uso responsable (BBVA, 2024). Este enfoque multinacional muestra que la formación continua, cuando incluye a los líderes y ofrece trayectorias claras, disminuye temores, acelera la adopción y alinea capacidades con los objetivos de negocio.

La comunicación efectiva dentro de las organizaciones también desempeña un papel central en la superación de barreras culturales. Según Patil (2024), establecer canales claros de comunicación sobre los objetivos, beneficios y limitaciones de las nuevas tecnologías ayuda a mitigar los temores y malentendidos que los empleados puedan tener sobre estas tecnologías. Esto es especialmente importante en empresas multinacionales donde las dinámicas culturales pueden variar significativamente entre regiones. Una estrategia probada en este contexto es la utilización de líderes locales para promover el cambio y actuar como embajadores de estos sistemas en sus respectivos equipos.

En cuanto a las barreras organizativas, la alineación estratégica entre los objetivos corporativos y las iniciativas tecnológicas es esencial. La IA no debe ser tratada como un proyecto aislado, sino como una parte integral de la estrategia empresarial. Según Esoimeme (2024), las organizaciones que integran la IA en sus planes estratégicos a largo plazo logran un uso más eficiente de los recursos y una mayor sostenibilidad en sus inversiones tecnológicas. Este enfoque requiere una

planificación cuidadosa y la participación activa de la alta dirección para garantizar que las iniciativas de arquitecturas inteligentes estén alineadas con los objetivos generales de la organización. En 2024–2025, Coca-Cola FEMSA integró la analítica y la IA dentro de su plataforma omnicanal Juntos+ como palanca explícita de productividad comercial y experiencia del cliente: la compañía reportó 1,3 millones de usuarios activos mensuales en la plataforma y más de 1,1 millones en su programa de lealtad, y comenzó el despliegue de Juntos+ Advisor —una herramienta de fuerza de ventas habilitada por IA— en Brasil, alcanzando +40% de adopción. El caso muestra cómo funcionan los sistemas inteligentes en objetivos de negocio (cobertura, efectividad en punto de venta, fidelización) y le asigna métricas de resultado, asegurando recursos, gobernanza y escalado más allá del piloto.

Finalmente, el liderazgo transformacional es crucial para superar tanto las barreras culturales como organizativas. Los líderes empresariales deben actuar como catalizadores del cambio, inspirando confianza y promoviendo una visión compartida sobre los beneficios de estas tecnologías. Según Mashayekh (2024), las empresas que cuentan con líderes comprometidos con la innovación tecnológica tienen mayores probabilidades de superar las barreras internas y externas, facilitando una adopción exitosa de IA.

Superar las barreras asociadas con la implementación de sistemas de decisión automatizada requiere un enfoque integral y adaptativo. Las estrategias mencionadas, respaldadas por ejemplos reales y enfoques probados, demuestran que es posible mitigar estos obstáculos mediante la colaboración, la inversión en infraestructura y capacitación, la comunicación efectiva y el liderazgo transformacional. Estas acciones no solo facilitan la integración de la IA, sino que también preparan a las organizaciones para enfrentar los desafíos futuros en un entorno empresarial en constante evolución.

V. IMPACTO DE LA IA EN LA COMPETITIVIDAD

5.1. Introducción

En un mundo cada vez más digitalizado y globalizado, la Inteligencia Artificial ha emergido como una herramienta clave para la transformación de las empresas y la mejora de su competitividad. Este fenómeno es especialmente relevante en sectores donde la eficiencia operativa, la reducción de costos, la satisfacción del cliente y la sostenibilidad son elementos esenciales para el éxito.

La IA no sólo redefine las estrategias empresariales, sino que también permite la optimización de procesos mediante la automatización y la generación de nuevos conocimientos a partir de datos masivos, lo que resulta en una ventaja competitiva significativa para las organizaciones que la adoptan. La evidencia reciente (2023–2025) muestra que las firmas que integran sistemas inteligentes y analítica avanzada en sus operaciones logran mejoras medibles en tiempos de ciclo, precisión de planeamiento y utilización de activos, con efectos directos sobre indicadores como OTIF, lead time de exportación, MAPE, OEE, cost-to-serve y emisiones por t-km. En línea con los hallazgos ya desarrollados en este trabajo —donde la gobernanza de procesos y datos habilita ganancias trazables en lead time, OTIF y costo por entrega—, las iniciativas exitosas combinan estándares, arquitectura de datos interoperable y gestión del cambio a nivel organizacional.

Según el trabajo de García Herrera (2020), las organizaciones que no integren la IA en sus operaciones están condenadas a volverse obsoletas en un mercado donde la adaptabilidad y la innovación son esenciales. Este argumento es respaldado por Tenés Trillo (2023), quien afirma que estas nuevas tecnologías han revolucionado diversos sectores, desde la manufactura hasta el comercio electrónico, mejorando significativamente la eficiencia y la personalización de los servicios. A medida que los sistemas avanzan, las empresas tienen la oportunidad de utilizar inteligencia digital para no solo mantenerse competitivas, sino también para liderar en sus respectivos mercados.

A escala internacional, los programas de “fábricas faro” documentados por el World Economic Forum (WEF) señalan mejoras intensivas al combinar

automatización, visión por computadora y analítica: aumentos de productividad de doble dígito, reducciones de inventario y ciclos de producción más cortos, con mejoras en seguridad y carbono (Global Lighthouse Network, 2025). Estos resultados son consistentes con avances en retail y logística: la automatización de Walmart en centros de cumplimiento de nueva generación reporta costos unitarios 20% más bajos y 30% menos “toques” de inventario (Walmart/ICM, 2025), mientras que Amazon ha publicado optimizadores de densidad de rutas (CONDOR) y desafíos de ruteo con MIT que integran conocimiento de conductores para mejorar puntualidad y robustez en última milla (Amazon Science, 2021; 2022). En América Latina, la integración logística de Mercado Libre (Mercado Envíos) sostiene niveles de servicio crecientes —en Argentina se informó que 74% de los envíos llegaron en 48 horas y 50% en 24 horas en el primer trimestre de 2025—, reflejando el impacto de analítica, robotización y control de red sobre el desempeño operativo (La Nación, 2025; sitio de relaciones con inversores de MELI, 2025).

La competitividad en la era de la IA no se limita únicamente a los aspectos operativos. La capacidad de integrar la IA en la cadena de suministro, prever tendencias del mercado y optimizar recursos es fundamental para enfrentar los desafíos del entorno actual. Como señala Riquelme (2018), la integración de sistemas inteligentes permite una toma de decisiones más precisa y en tiempo real, lo que fortalece la capacidad de las empresas para responder a las demandas del mercado la IA contribuye significativamente a la sostenibilidad empresarial. Según García Herrera (2020), las tecnologías inteligentes no solo optimizan los recursos, sino que también promueven prácticas sostenibles al reducir el desperdicio y mejorar la eficiencia energética que no solo es crucial para el medio ambiente, sino que también mejora la percepción de los consumidores sobre las marcas que adoptan tecnologías responsables.

Es así como los estándares y marcos de gestión ayudan a “cerrar la brecha” entre pilotos y escalamiento: GS1 EPCIS 2.0 (2023) normaliza el intercambio de eventos de trazabilidad a lo largo de la cadena; ISO 8000 promueve calidad de datos; ISO/IEC 27001:2022 refuerza seguridad de la información; e ISO/IEC 42001:2023 establece un sistema de gestión para IA (GS1, 2023; ISO, 2022; ISO, 2023). En el plano público, plataformas como la Ventanilla Única de Comercio Exterior (VUCE) y

el régimen Exporta Simple 2.0 en Argentina digitalizan trámites y logística de exportación para pymes, lo que reduce fricciones transaccionales y tiempos administrativos —base necesaria para que algoritmos de pronóstico y orquestación trabajen con datos completos y oportunos (Argentina.gob.ar/VUCE; AFIP/Exporta Simple, 2025).

En este capítulo, se abordará el impacto de la IA en la competitividad desde cuatro perspectivas principales: la mejora en la eficiencia operativa, la reducción de costos en la cadena de suministro, el incremento de la satisfacción del cliente y la sostenibilidad y adaptabilidad de las operaciones. A través de un análisis detallado de cada uno de estos aspectos, se explorarán las maneras en que la IA transforma las dinámicas empresariales, apoyándose en estudios recientes y casos de éxito. Este enfoque permitirá comprender cómo la IA se posiciona como un elemento central en la estrategia de competitividad de las empresas modernas.

5.2. Aspectos de Mejora

5.2.1. Eficiencia Operativa

Uno de los principales logros de la IA en este ámbito es la capacidad para gestionar grandes volúmenes de datos en tiempo real, permitiendo una toma de decisiones más ágil y fundamentada. Según García Herrera (2020), la integración de sistemas inteligentes facilita el análisis de datos históricos y en tiempo real para identificar patrones y prever resultados, lo que desemboca en operaciones más fluidas y con menos errores. Este enfoque ha sido adoptado por empresas líderes: Amazon emplea optimizadores para inventario y distribución, y publicó CONDOR —un algoritmo que agrupa pedidos y eleva la densidad de ruta—; además, junto con el MIT exploró incorporar conocimiento del conductor (estacionamiento, bloqueos) a los modelos de ruteo, lo que robustece la puntualidad de última milla y reduce reintentos (Amazon Science, 2021; 2022). Por otra parte, en retail y moda, firmas como Zara utilizan analítica para ajustar producción y distribución en función de señales de venta y contexto, acortando ciclos y disminuyendo costos de inventario, con efectos directos sobre fill rate y MAPE (Tenés Trillo, 2023).

En segundo lugar, la optimización de la cadena de suministro —que reúne pronóstico, reposición y asignación de capacidad— se considera un terreno donde las

plataformas cognitivas muestran resultados concretos. La IA mejora la precisión de la demanda y el “match” entre oferta y servicio, reduciendo costos de almacenamiento y transporte. En logística y paquetería, UPS evolucionó sus sistemas de ruteo (ORION y variantes dinámicas), con ahorros de 10–14 millas por chofer/día, lo que impacta en OTIF, cost-to-serve y emisiones por t-km (UPS, 2025). A la vez, la automatización intralogística está acortando tiempos y manipulaciones: Walmart reportó en 2025 más del 20% de reducción del costo unitario en centros de cumplimiento automatizados y proyectó más del 30% de mejora del costo de servir para fin de 2025 (Supply Chain Dive, 2025). En América Latina, Mercado Libre muestra cómo la integración de centros, ruteo y control de red sostiene niveles de servicio crecientes: en Argentina, 50% de los envíos llegaron en ≤ 24 h y 74% en ≤ 48 h en el 1T-2025 (La Nación, 2025; Mercado Libre IR, 2025). Además, en retail de consumo masivo, Unilever piloteó en México un modelo de planeamiento, pronóstico y reposición asistido por IA que elevó la disponibilidad en punto de venta al 98%, luego escalado a más mercados, mostrando el vínculo entre analítica avanzada y eficiencia operativa (Unilever, 2024).

Otro pilar fundamental es la automatización de procesos de la mejora en la eficiencia operativa facilitada por sistemas inteligentes. En industrias como la manufactura, la IA permite automatizar tareas repetitivas y de bajo valor agregado, liberando a los empleados para que se concentren en actividades estratégicas; la automatización basada en modelos no solo reduce errores humanos, sino que también incrementa la velocidad y la consistencia de las operaciones. Un ejemplo dentro de la región es Ford Argentina (Planta Pacheco), que entre 2021–2023 transformó su operación hacia manufactura 4.0 y, ya en 2024–2025, amplió inversiones para incorporar robots “inteligentes” en estampado y carrocería, reforzando la coordinación de múltiples tareas en línea —soldadura, manipulación y verificación— y acortando tiempos de ciclo en la producción de la nueva Ranger. En esta línea, comunicados oficiales de 2024 y 2025 detallan el aumento de capacidad y la incorporación de nuevos equipos robotizados como parte del plan industrial, ilustrando cómo la IA y la robótica coordinan el flujo y reducen retrabajos en ensamblaje. En la misma línea, BMW Group Plant San Luis Potosí (México) reportó en 2024–2025 la expansión de su taller de baterías de alto voltaje y pruebas exitosas con robots humanoides, integrando representaciones virtuales y analíticas para sincronizar tareas y mejorar seguridad y ergonomía en estaciones, un caso que muestra cómo la IA orquesta robots y personas

en líneas de próxima generación. En conjunto, estos ejemplos confirman que la IA en robótica industrial optimiza el flujo de trabajo, reduce variabilidad y tiempo de producción, y eleva la consistencia de calidad en entornos de alto volumen.

El mantenimiento predictivo, habilitado por tecnologías de aprendizaje automático, es otra aplicación significativa de la IA. Esta técnica permite identificar fallas potenciales en equipos antes de que ocurran, minimizando el tiempo de inactividad y los costos de reparación. En transporte ferroviario, Rumo Logística en Brasil incorporó modelos de IA para filtrar y priorizar alarmas de vía: en pruebas internas detectó 14 “falsos positivos” que habrían disparado inspecciones innecesarias y redujo 50% las notificaciones que obligaban a detener o restringir la velocidad de los trenes, con impacto directo en disponibilidad de activos y seguridad operacional. En aviación, LATAM Airlines adoptó en abril de 2025 la plataforma AVIATAR (Lufthansa Technik) para salud predictiva de flota, con el objetivo de anticipar fallas y evitar demoras/cancelaciones mediante analítica sobre datos de sensores y mantenimiento, reforzando la confiabilidad operacional.

Además, la inteligencia digital ha transformado la gestión de almacenes mediante la optimización del espacio y la disposición de productos. Al analizar flujos y diseñar “slotting” dinámico, la IA reduce recorridos, acelera el picking y aprovecha mejor la capacidad cúbica. En retail latinoamericano, Falabella desplegó almacenes robotizados tipo AutoStore: su CD automático en Villa El Salvador (Perú) procesa hasta 150.000 unidades diarias y elevó significativamente la densidad de almacenamiento; a la par, el proyecto en Colombia (85.000 m²) apuntó a operar desde fines de 2024. En Brasil, el caso de Dafiti muestra cómo AutoStore maximiza la “storage density” con control en tiempo real y ruteo óptimo, combinando robótica y software para mayor throughput; este tipo de soluciones, al compactar inventario y acortar desplazamientos, recorta tiempos de ciclo y costos intralogísticos.

En el ámbito de la logística, los sistemas inteligentes han permitido optimizar rutas de transporte al analizar múltiples variables, como el tráfico, las condiciones meteorológicas y las restricciones legales. Esta capacidad para recalcular rutas en tiempo real no solo mejora la puntualidad de las entregas, sino que también reduce el consumo de combustible y los costos operativos. Según estudios realizados, empresas

como UPS y DHL han logrado ahorros significativos mediante la implementación de estas tecnologías, aumentando al mismo tiempo la satisfacción del cliente.

Por último, la automatización inteligente contribuye a una mayor resiliencia operativa al permitir a las empresas adaptarse rápidamente a condiciones cambiantes. En un entorno caracterizado por la incertidumbre, la capacidad de prever y responder a interrupciones es fundamental. Según Betancur (2024), la IA ha demostrado ser crucial para mejorar la visibilidad en tiempo real de las operaciones y coordinar mejor a los diferentes actores de la cadena de suministro.

Se ha redefinido la eficiencia operativa mediante tecnologías basadas en datos al transformar cómo las empresas planifican, ejecutan y monitorean sus procesos. Desde la gestión de inventarios hasta la optimización de rutas y la automatización de tareas, la IA no solo aumenta la productividad, sino que también fortalece la competitividad de las organizaciones en un mercado global cada vez más exigente.

5.2.2. Optimización de Costos y Uso de Recursos

La reducción del cost-to-serve (costo total de servicio) y el uso eficiente de activos emergen como resultados directos cuando la IA se aplica sobre los puntos de congestión operativos con datos confiables y estándares comunes. En manufactura, la Global Lighthouse Network del WEF documenta reducciones medianas del 26% en costos de conversión y mejoras sustantivas en productividad al combinar analítica avanzada, automatización y control digital de procesos, con impactos concomitantes en energía y agua (-25%) y emisiones de Alcance 1/2 (-30% a -50%) gracias a la optimización de procesos y mantenimiento sustentado en datos (World Economic Forum, 2025).

En logística, la optimización algorítmica de rutas y la densificación de entregas disminuyen kilómetros recorridos, combustible y tiempo improductivo: UPS atribuye a su familia de sistemas de ruteo (p. ej., ORION) 10–14 millas menos por conductor/día, con impacto directo en OTIF, cost-to-serve y emisiones por t-km (UPS, 2025). A nivel intralogístico, la automatización asistida por IA en centros de cumplimiento permite recortar trabajos manuales y tiempos de ciclo: Walmart reportó en 2025 un 20% menos del costo unitario y 30% menos “toques” de inventario en instalaciones de “nueva generación”, elevando productividad y consistencia de

servicio (Walmart/ICM, 2025). Estos resultados son consistentes con la evidencia consolidada en el documento base del capítulo, donde se propone medir con OTIF, MAPE, OEE, fill rate, costo logístico/ventas y emisiones/t-km para capturar los beneficios económicos de la digitalización y la IA.

En este encuadre, la estandarización es un habilitador de eficiencias transversales: GS1 EPCIS 2.0 normaliza el intercambio de eventos (“capturado–embalado–despachado–recibido”), reduce reprocesos y acelera conciliaciones entre socios, lo que se refleja en menores costos administrativos y de fricción tecnológica (GS1, 2023). De forma complementaria, ISO 8000 aporta lineamientos de calidad de datos maestros—base para reducir MAPE y desperdicios—, mientras ISO/IEC 27001:2022 limita pérdidas por incidentes de información que erosionan niveles de servicio; ISO/IEC 42001:2023 ayuda a institucionalizar objetivos y riesgos de IA en un sistema de gestión que alinea inversiones con resultados (ISO, 2022; ISO, 2023).

5.2.3. Satisfacción del Cliente y Sostenibilidad

La mejora del nivel de servicio —tiempo, confiabilidad y completitud— constituye una vía directa para elevar satisfacción y retención de clientes. La aceleración de flujos y la visibilidad end-to-end, documentadas por el World Economic Forum en su Global Lighthouse Network, se traducen del lado del cliente en respuestas más rápidas y estables, con ciclos más cortos y menos fallas. En su actualización de septiembre de 2025, el WEF reportó que las fábricas “faro” exhiben reducciones significativas en consumo energético y tiempos de producción, a la vez que elevan productividad y seguridad; estos efectos combinados se reflejan en mejores tasas de entrega a tiempo y completas (OTIF) y menos variabilidad en el lead time percibido por los clientes. En comercio electrónico, la combinación de ruteo, asignación dinámica y control de red sostiene promesas de entrega: en Argentina, Mercado Libre informó para el 1T-2025 que el 74% de los envíos se entregó en ≤ 48 h y $\sim 50\%$ en ≤ 24 h, señal de una red optimizada por analítica, robotización y orquestación logística, con impacto directo en satisfacción y recompra. En la misma dirección, análisis sectoriales subrayan que las cadenas deben ganar velocidad de punta a punta —planificación, abastecimiento, producción y última milla— para cumplir la “nueva línea de base” del consumidor digital, alineando expectativas de entrega con disponibilidad de inventario y ventanas de entrega preferidas.

La arquitectura que eleva satisfacción también habilita sostenibilidad operativa y reputacional. En transporte, los sistemas de optimización de rutas reducen millas, combustible y emisiones sin sacrificar puntualidad: UPS comunica que su familia de algoritmos (p. ej., ORION) evita en promedio 10–14 millas por conductor por día, con efecto directo en CO₂ y calidad del aire, además de disminuir el cost-to-serve por parada. A nivel intralógico e industrial, los “lighthouse” del WEF muestran que la digitalización del control de planta y el mantenimiento prescriptivo logran simultáneamente ahorros energéticos y de recursos y ciclos más cortos, mejorando OTIF y costos unitarios mientras reducen impactos ambientales (energía, agua y emisiones de Alcance 1/2). En el ecosistema latinoamericano, iniciativas de movilidad eléctrica y eficiencia de embalajes siguen la misma lógica de “servicio con menor huella”: DHL Chile amplió su flota eléctrica en 2024 y plantea, en su documentación tarifaria 2025, la meta de que 60% de la última milla sea con vehículos eléctricos, un vector de descarbonización compatible con ventanas de entrega urbanas exigentes. Por su parte, Mercado Libre reporta incrementos en contenidos reciclados y reducción de gramajes en sus empaques —hasta 50% de plástico reciclado en bolsas y –20% de material en cajas/bolsas durante 2024— junto con la expansión de flota eléctrica y contratación de energía renovable vía su Bono Sustentable 2024, acciones que reducen residuos y emisiones sin deteriorar la experiencia de entrega.

Finalmente, los estándares permiten hacer medible y auditable la doble agenda de servicio y sostenibilidad. GS1 EPCIS 2.0 normaliza el intercambio de eventos de trazabilidad (“capturado-embalado-despachado-recibido”), habilitando tableros interoperables de OTIF/fill rate entre socios y, en cadenas reguladas, respaldando reclamos ambientales verificables. En la Unión Europea, el Digital Product Passport (DPP) —marco del ESPR— exige datos verificables sobre circularidad y desempeño ambiental, lo que presiona a proveedores globales a documentar materiales y huellas a nivel de producto y lote, robusteciendo la confianza del cliente y el acceso a mercados. Para la contabilidad de emisiones en transporte y logística, ISO 14083:2023 estandariza la cuantificación y el reporte de Gases de Efecto Invernadero (GEI) por actividad y modo, haciendo comparables emisiones/t-km con los mismos datos operativos que soportan niveles de servicio. En síntesis, cuando se integran analítica de redes, automatización y estándares de datos, las empresas pueden elevar satisfacción (OTIF, NPS, tiempos de ciclo) y reducir huella (energía, agua, emisiones)

con métricas auditables, habilitando propuestas de valor más confiables y sostenibles para mercados locales e internacionales.

5.2.4. Adaptabilidad y Resiliencia de las Operaciones

La resiliencia exige detectar, decidir y actuar ante interrupciones (clima, congestión, ciberincidentes, shocks de demanda) con datos oportunos y playbooks claros para la toma de decisiones. Las torres de control potenciadas por IA integran pronósticos y alertas en tiempo (casi) real para re-planificar capacidad y rutas. En transporte global, FedEx Surround ilustra este enfoque al combinar telemetría de envíos con alertas de clima y riesgos, permitiendo reasignar transportes críticos con antelación y preservar OTIF en contextos volátiles (lanzamientos y ampliaciones en 2024 con analítica predictiva y tableros near-real time). En el plano de política pública y gestión del riesgo sistémico, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 2024–2025) recomienda reforzar visibilidad, redundancias selectivas y coordinación intersectorial para acortar tiempos de recuperación ante choques, línea donde los estándares de datos (GS1/ISO) actúan como “lenguaje común” para compartir eventos de excepción y acelerar decisiones.

La experiencia reciente confirma la necesidad de estos mecanismos. La pandemia de COVID-19 tensionó cadenas críticas y dejó lecciones operativas sobre diversificación, transparencia y capacidad de respuesta; la OCDE subraya que la preparación debe priorizar el desempeño del sistema completo y no objetivos aislados, especialmente en sectores sanitarios y estratégicos. Los conflictos geopolíticos también reconfiguraron flujos: los ataques a buques en el Mar Rojo (desde fines de 2023) forzaron desvíos por el Cabo de Buena Esperanza, alargando tránsitos y costos; aunque el impacto inflacionario fue acotado, la volatilidad logística aumentó y algunas automotrices debieron ajustar producción (enero–febrero 2024). En 2025 se observaron señales parciales de normalización de rutas, pero la incertidumbre persiste. A la vez, el Canal de Panamá enfrentó restricciones por sequía en 2023–2024 con cupos y calados ajustados; los avisos oficiales muestran medidas de gestión para sostener confiabilidad y reducir esperas, evidenciando cómo la variabilidad climática exige planificación dinámica y acuerdos con clientes.

A su vez, la ciber-resiliencia se volvió parte inseparable de la continuidad operativa. Incidentes como el ransomware que detuvo operaciones en el Puerto de

Nagoya (julio de 2023), clave para exportaciones automotrices de Japón, y la intrusión que obligó a DP World Australia a desconectar su red (noviembre de 2023), muestran cómo un ataque puede paralizar terminales y desincronizar cadenas aguas arriba y abajo. En este frente, adoptar normas ISO y marcos de gestión de IA reduce probabilidad e impacto de incidentes, protege la integridad de datos que alimentan modelos y sostiene la disponibilidad de servicios críticos.

En exportación, la digitalización de trámites, por ejemplo, VUCE en Argentina, y el uso de EPCIS 2.0 para trazabilidad y calidad permiten acortar lead time de exportación al reducir reprocesos y tiempos administrativos, y mejorar la respuesta ante retiros o desvíos de calidad, agregando robustez a la cadena regional; la OCDE insiste además en cooperación regulatoria y “ensayos” de respuesta público-privada como práctica de preparación.

En síntesis, las disrupciones recientes —pandemia, guerras y tensiones regionales, clima extremo y ciberataques— confirman que la resiliencia es un atributo medible y gobernable: torres de control con IA, estándares de datos compartidos, diversificación de rutas/proveedores, ejercicios de crisis y ciber-higiene bajo ISO constituyen un portafolio integrado que acorta tiempos de detección y recuperación, amortigua costos y preserva el servicio al cliente incluso en escenarios de alta volatilidad.

VI. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

El comercio internacional está entrando en una etapa donde las decisiones ya no se toman solo por intuición ni por inercias del pasado: se toman con datos confiables, con modelos que aprenden y con operaciones capaces de reconfigurarse en minutos. Las empresas que abrazan esta lógica avanzan más rápido, cometen menos errores y usan mejor sus recursos; las que postergan el cambio quedan atrapadas en costos crecientes, tiempos impredecibles y clientes cada vez más impacientes que optan por elegir a la competencia. No se trata de moda tecnológica, sino de competitividad real: servicio que llega cuando y como se promete, operaciones estables aun con turbulencias externas y una huella ambiental que importa tanto como el precio.

El recorrido hecho en este trabajo muestra que los resultados surgen cuando tres piezas encajan: datos de calidad que circulan con reglas comunes, automatización que libera a las personas para tareas de mayor valor y una orquestación de la red que ve de punta a punta lo que ocurre en plantas, almacenes, transporte y tramitaciones. Con ese tríptico, los ciclos se acortan, los puntos de congestión pierden fuerza y los errores dejan de repetirse. La evidencia reciente —la que vive en centros de cumplimiento más ágiles, en rutas mejor planificadas, en tableros que anticipan desvíos— confirma que los impactos no son marginales: se gana puntualidad y completitud, baja el costo por pedido atendido, disminuyen kilómetros innecesarios y consumo de energía, y clientes que establecen una fidelización con la compañía.

Ahora bien, la región convive con brechas: infraestructura irregular, sistemas legados que no “conversan”, talento escaso y presupuestos tensos. Lejos de ser un freno permanente, esas barreras señalan por dónde empezar. Conviene construir desde lo esencial: un diccionario único de datos, controles básicos de calidad, eventos operativos trazables y un primer set de integraciones con socios logísticos. Con eso en pie, es posible elegir pocos casos de alto retorno —ruteo dinámico, reposición más precisa, *slotting* inteligente— y resolverlos con arquitectura componible, de modo que el segundo y el tercero cuesten menos que el primero. La clave no es “probar de todo”, sino escalar lo que funciona.

Ningún avance técnico prospera sin personas alineadas. La comunicación clara sobre objetivos y límites, la formación por rol y la definición de *playbooks* para actuar

ante desvíos reducen la resistencia y multiplican el uso efectivo de tableros y modelos. Cuando la dirección patrocina con metas y plazos, el cambio deja de ser un proyecto de tecnologías de la información y se vuelve una práctica de gestión: cada área trabaja con el mismo lenguaje de datos, corrige a tiempo y aprende de lo que mide. Ese aprendizaje continuo es lo que convierte resultados aislados en mejoras sostenidas.

El eslabón interempresarial es decisivo. Compartir ventanas de producción y abastecimiento, acordar formatos para intercambiar eventos logísticos y desplegar torres de control con socios críticos habilita una coordinación que se nota en el día a día: menos esperas, menos kilómetros vacíos, menos reprocesos. Y, al mismo tiempo, más transparencia hacia clientes y autoridades, con trazabilidad verificable y reportes de huella que abren puertas en mercados exigentes. La sostenibilidad deja de ser un anexo para convertirse en una consecuencia natural de planificar mejor: menos desvíos y reintentos implican menos emisiones; embalajes pensados con datos significan menos material y merma; consolidar viajes, menos congestión y costos.

También hay una dimensión pública que habilita o trava: trámites digitales, ventanillas únicas, criterios de datos mínimos interoperables, esquemas de cofinanciación y capacitación para que las pymes no queden afuera. Cuando el entorno reduce fricciones administrativas y promueve estándares, los modelos trabajan con información completa y a tiempo, y los plazos de exportación se acortan sin sacrificar controles. No es un lujo: es el piso para competir desde América Latina con la misma velocidad y confiabilidad que los mejores del mundo.

La resiliencia merece un párrafo aparte. Las cadenas han aprendido que los sobresaltos no son excepciones: pandemias, conflictos, clima extremo o ciberincidentes pueden alterar rutas, precios y disponibilidad en horas. Prepararse no es acumular stock a ciegas, sino detectar, decidir y actuar con información oportuna. Representaciones virtuales, alertas tempranas, planes de contingencia probados y seguridad de la información robusta mantienen el servicio cuando el entorno se vuelve hostil. La continuidad no se improvisa: se ensaya, se mide y se mejora.

Este enfoque trae implicancias prácticas:

1. Medir solo lo que se usa para decidir: puntualidad, completitud, tiempos de ciclo, productividad por equipo o estación de trabajo y costo por cliente sirven de brújula sin ahogar a la organización en indicadores.

2. Gobernar los datos como un activo: si las definiciones cambian cada semana o los registros llegan tarde, cualquier modelo —por más brillante que sea— degradará su desempeño.
3. Priorizar interoperabilidad: integrar con logística terciarizada y proveedores estratégicos multiplica el retorno de cada inversión interna.
4. Encarar la ciberseguridad como continuidad operativa: un paro por incidente puede deshacer en días lo que tomó meses construir.
5. Anclar la sostenibilidad en operaciones: menos kilómetros, menos energía, menos desperdicio; la ecuación económica y ambiental se gana con diseño, no con discursos.

Hay límites que es sano reconocer: no todos los sectores tienen la misma madurez, no todas las empresas pueden revelar métricas con la precisión deseada y no toda infraestructura acompaña al ritmo necesario. Pero esos límites no invalidan el rumbo; lo vuelven más concreto. La respuesta es progresiva y disciplinada: estándares primero, casos de uso con retorno después, escalamiento con gestión del cambio y resiliencia como hábito.

La conclusión es, en el fondo, una invitación a decidir con datos antes que con anécdotas. A priorizar inversiones con retorno diferido pero significativo, internalizando costos de transición hoy para consolidar ventajas competitivas en el mediano plazo. A formar a la gente que hará que los sistemas valgan la pena. A colaborar con socios y a pedir al Estado menos papeles y más plataformas. A entender que competitividad significa servir mejor, a menor costo y con menor huella, incluso bajo condiciones de incertidumbre y entornos adversos. Las organizaciones que sostengan una ejecución disciplinada y continua en el tiempo —no a los saltos— descubrirá que la ventaja no está en una herramienta singular, sino en la suma de prácticas que se sostienen y se aprenden.

El mundo se mueve. Los clientes comparan en tiempo real, los mercados premian la transparencia y las cadenas que conversan entre sí superan a las que gritan hacia adentro. En este contexto, elegir no moverse es elegir quedarse atrás. El camino propuesto en el mejor sentido: es confiar en la iniciativa de las empresas, fomentar la cooperación voluntaria entre actores y pedir a la política pública que habilite, no que sustituya. Mirado hacia adelante, el horizonte es claro y alcanzable: organizaciones

más rápidas, más precisas y resilientes, capaces de prometer y cumplir mejor que ayer, a menor costo y con menor impacto ambiental. Esa es la ventaja que vale en la economía de redes que tenemos por delante. Y empieza —inevitablemente— por dar el primer paso y no detenerse.

Ahora bien, extender esa invitación implica bajar a tierra algunas decisiones que suelen postergarse. Empecemos por la **arquitectura de adopción**. Conviene huir de soluciones monolíticas que prometen “todo ahora” y abrazar componentes que se integran por etapas: un motor de pronóstico que se alimenta de ventas y clima; un optimizador de rutas que conversa con el TMS; un módulo de *slotting* que se nutre de rotación y tamaños. Pequeñas victorias encadenadas construyen confianza y financian el siguiente paso. Además, esa modularidad reduce la dependencia de un solo proveedor y facilita renegociar sin rehacerlo todo cuando cambian los costos o aparecen mejores alternativas.

En paralelo, **la financiación del cambio** merece creatividad. Hay modelos de pago por uso, acuerdos de reparto de beneficios y consorcios sectoriales que permiten a pymes acceder a capacidades que antes eran exclusivas de grandes jugadores. También es válido pensar en compras cooperativas de sensores, espacios de datos compartidos o laboratorios de pilotaje con costos repartidos en proporción. El objetivo es simple: que el costo unitario de aprender sea menor para cada actor que si aprendiera solo. Donde haya cámaras sectoriales o clusters exportadores, la economía de escala del aprendizaje puede convertirse en un diferencial regional.

El **capital humano** es la otra cara de la moneda. La conversación ya no pasa por “programadores sí o no”, sino por **fluidez de datos** en cada rol: jefes de planta que leen tableros, supervisores que priorizan con señales objetivas, choferes que entienden por qué una aplicación sugiere un desvío, analistas que conectan causa y efecto sin ahogarse en columnas. Los mejores resultados aparecen cuando se combinan tres capas: formación básica para todos (alfabetización de datos y seguridad), trayectos por rol (lo mínimo eficaz que cada puesto debe dominar) y un pequeño equipo de especialistas que construye, integra y cuida. Ese equipo no reemplaza al resto; habilita a que el resto sea mejor.

En **cultura organizacional**, conviene revisar incentivos. Si la métrica de éxito premia únicamente el cumplimiento individual sin medir coordinación, los modelos

tropezarán con silos. Cuando los equipos comparten un objetivo común traducido a pocas métricas de servicio, costo y huella, las barreras se moderan: la logística deja de culpar a ventas por la “demanda errática” y ventas deja de culpar a logística por la “capacidad rígida”. El lenguaje común llega cuando el tablero es uno y las definiciones son las mismas. Es menos glamoroso que hablar de algoritmos, pero es lo que hace que los algoritmos sirvan.

Respecto de **la sostenibilidad**, el camino inteligente no enfrenta economía y ambiente: los alinea. Optimizar rutas y cargas evita kilómetros ociosos; diseñar embalajes con datos reduce materiales y roturas; planificar mantenimiento con señales disminuye consumo y paradas. Incluso la circularidad encuentra terreno fértil cuando hay trazabilidad: se recupera mejor, se reusa más, se recicla donde tiene sentido. En mercados exigentes, esa trazabilidad —clara, auditable— deja de ser un requisito defensivo para transformarse en argumento comercial. No es marketing verde: son operaciones más finas que, casualmente, emiten menos, cuestan menos.

La **colaboración en la cadena** gana espesor cuando se formaliza. Acuerdos de intercambio de datos con umbrales de disponibilidad y calidad, calendarios de adopción y revisión trimestral, cláusulas de *fallback* por sí una parte no puede sostener la integración. Con reglas claras, la confianza crece. Y, con confianza, aparece información que antes se escondía por miedo a ser usada en contra: pronósticos compartidos, cambios de última hora, restricciones reales de capacidad.

No es menor la **gestión del riesgo**. En tiempos donde la volatilidad parece crónica, prepara mejor quien ensaya. Un simulacro anual de disrupción —un puerto cerrado, un proveedor caído, un *ransomware*— revela interdependencias ocultas y tiempos de reacción. El objetivo no es acertar, sino fortalecer reflejos: quién decide, con qué datos, según qué umbrales, por cuánto tiempo. La resiliencia no compite con la eficiencia; la potencia. Porque un sistema que se recupera rápido sirve al cliente mejor que uno que apenas es “óptimo” el lunes a la mañana y frágil el resto de la semana.

También es sano recordar **qué no hacer**. No perseguir la herramienta del mes si no resuelve un punto de congestión concreto. No externalizar el pensamiento crítico: un proveedor puede traer el algoritmo, pero el criterio de negocio es indelegable. La tecnología es un multiplicador: amplifica lo que hay. Si el proceso de base es confuso

o el dato es contradictorio, cualquier automatización multiplicará la confusión. Por eso el orden importa: primero claridad de proceso y definiciones, luego automatización.

En materia de **indicadores**, menos es más. Un conjunto corto, medible y accionable, con línea de base y metas por horizonte, vale más que un océano de números. La disciplina de medir, revisar y corregir instala un ritmo que estabiliza y acelera a la vez. La madurez llega cuando los equipos dejan de reportar “hacia arriba” y empiezan a gestionar “hacia adentro”: corrigen porque ven, no porque alguien pidió un informe.

De la mano viene la **ética del dato**. Transparencia en el uso, claridad sobre finalidades, respeto por la privacidad de clientes y colaboradores, explicabilidad razonable de recomendaciones críticas. No es filantropía: es mitigación de riesgo reputacional y operativo. Un sistema que nadie confía, nadie usa. Un sistema que se siente justo y útil, se adopta solo. La confianza es el lubricante que hace girar la rueda sin molestias.

Si se mira el mapa completo, **la estrategia** deja de ser una lista de proyectos y se parece más a un itinerario. Empieza con higiene de datos y estándares; continúa con dos o tres casos de negocio de alto impacto; suma alianzas con socios clave; formaliza la seguridad y la continuidad; y evoluciona hacia una organización que decide con evidencia. Ese itinerario no es lineal: a veces habrá que retroceder, a veces convendrá acelerar. Lo importante es sostener la dirección y el hábito de aprender.

La transformación digital no implica “reemplazar personas por máquinas”, sino elevar el trabajo humano mediante la reasignación inteligente de tareas: automatizar lo repetitivo y de bajo valor, reducir la variabilidad y la incertidumbre operativa, y dotar a los equipos de instrumentos de decisión basados en evidencia. La estandarización de procesos, la disponibilidad de datos confiables y la automatización selectiva liberan tiempo para actividades de mayor impacto —atención al cliente, gestión de excepciones y rediseño de flujos—, mejorando de manera acumulativa la calidad del servicio. En términos competitivos, el objetivo no es intensificar el esfuerzo bajo las mismas restricciones, sino rediseñar el sistema socio-técnico para operar con menor fricción, mayor foco en lo esencial y mejores resultados en servicio, costos y sostenibilidad.

Desde esta perspectiva, la conclusión es a la vez optimista y sobria. Optimista, porque existen palancas probadas —gobernanza de datos, analítica aplicada, automatización modular y coordinación interorganizacional— capaces de generar mejoras sostenidas en desempeño y resiliencia. Sobria, porque su realización demanda disciplina de ejecución, aprendizaje organizacional y conducción directiva consistente; los avances significativos no se consolidan en un trimestre. Las organizaciones que aborden este recorrido con humildad para iterar y determinación para priorizar convertirán a las soluciones basadas en datos en un aliado estratégico y estable, más cercano a una capacidad permanente que a una moda pasajera.

El comercio exterior, la logística y el desarrollo productivo de la región pueden alcanzar estándares de clase mundial si adoptan un enfoque de gestión basado en evidencia. No es pertinente esperar condiciones óptimas: las oportunidades se construyen mediante decisiones coherentes, coordinación interáreas y una gobernanza de datos trazables y auditables. Las organizaciones que inicien hoy la modernización de procesos, tecnologías y capacidades humanas consolidarán mañana ventajas dinámicas en servicio y costo; aquellas que dilaten la transición probablemente observen la migración de la demanda hacia competidores con mayor cumplimiento de plazos, estructuras de costos más eficientes y desempeño ambiental verificado. En un entorno competitivo y acelerado, la diferencia la marca la capacidad de convertir el tiempo presente en acumulación de capacidades y aprendizaje organizacional sostenido, antes que la búsqueda de atajos de corto plazo.

El futuro que se perfila no es una aspiración difusa, sino un conjunto de prácticas operables y replicables que incrementan la velocidad, la precisión y la resiliencia organizacional. Ese es el horizonte. Y el camino para alcanzarlo resulta hoy lo suficientemente explicitado —en métodos, capacidades y gobernanza— como para abandonar la discusión sobre su conveniencia y concentrarse, con rigor, en su ejecución.

ANEXOS

A. Entrevista estructurada — Arcor

Instrumento: “Uso de Inteligencia Artificial en la cadena de suministro y logística” (cuestionario estructurado).

Modalidad: Virtual, vía Google Meet.

Fecha de realización: 27 de Agosto, 2025.

Ubicación: San Juan, Argentina.

Entrevistador/a: Ortiz, M. Nazareth.

Entrevistado/a: Representación institucional – Ing. Industrial - Production Manager & Data Analyst.

Sección 1 — Identificación.

1) Nombre de la empresa:

Grupo Arcor.

2) Tamaño de la empresa:

Gran empresa (multinacional de alimentos, agronegocios y *packaging*).

3) ¿Cuál es el alcance operativo con el que cuenta?

Operación internacional (presencia regional y exportaciones).

Sección 2 — Empresas que sí utilizan IA.

4) ¿La empresa implementa actualmente herramientas de IA en logística y/o cadena de suministro?

Sí. En Arcor ya la estamos usando en logística y cadena de suministro. La vinculamos a nuestro Sistema de Gestión Integrado (SGI): desde allí se nutren los tableros de calidad, trazabilidad y operaciones que empleamos para planificar,

controlar inventarios y seguir entregas. No es un piloto aislado sino más bien que está incorporada al trabajo diario y nos ayuda a decidir más rápido y con mejores datos.

5) ¿Cuándo comenzó a incorporarlas?

Entre 2024 y 2025 se puso en marcha un roadmap de modernización con foco en la planta Salto (BA).

6) ¿Qué áreas optimiza con estas herramientas?

Se arrancó por previsión de demanda y gestión de inventarios, apoyados en un Sistema de Gestión Integral que estandariza datos y métricas. Sumamos optimización de rutas y análisis en tiempo casi real, y automatización de procesos internos (reposiciones guiadas, checks de calidad, liberaciones) sobre procedimientos uniformes en la base del sistema.

7) ¿Qué tecnologías de IA utilizan?

En Arcor se utiliza aprendizaje automático para pronósticos y ajustes de inventario, visión artificial para control de calidad e intralogística, y el SGI como andamiaje de gobierno de datos y procesos. La nube aporta elasticidad para tableros y operación multi-mercado.

8) ¿Qué beneficios observaron desde la implementación?

Bueno, con la IA ganamos orden y consistencia, como procedimientos más claros y menos re-trabajos. En Buenos Aires, la captura automática de datos y los tableros casi en tiempo real redujeron variabilidad y errores repetitivos. También mejoró la precisión de inventarios y la reposición entre plantas y red.

9) ¿Contribuye a objetivos de sostenibilidad? ¿Cuáles?

Sí. La trazabilidad digital punta a punta facilita el control de impactos y auditorías, reduce papel y desperdicios, y nos permite monitorear parámetros ambientales con más precisión.

10) ¿Cómo describiría su nivel de madurez digital?

Arcor en general, se encuentra en una etapa desarrollada/avanzada, por ejemplo, existe un programa formal por fases, con estandarización por vía de SGI y despliegue de software industrial y nube que ya escala a operación diaria, con una hoja de ruta clara para lo que sigue.

11) ¿Qué barreras o dificultades encontraron?

Bueno, actualmente el mayor desafío es la formación y reconversión de equipos (costos, curvas de aprendizaje, cobertura de turnos). Le siguen la integración OT/IT con ERP/WMS —que exige talleres, manuales y disciplina de captura— y el gobierno de datos y la ciberseguridad para sostener precisión y cumplimiento.

B. Entrevista estructurada – Mercado Libre (MELI)

Instrumento: “Uso de Inteligencia Artificial en la cadena de suministro y logística” (cuestionario estructurado).

Modalidad: Virtual, vía Google Meet.

Fecha de realización: 26 de agosto, 2025.

Ubicación: San Juan, Argentina.

Entrevistador/a: Ortiz, M. Nazareth.

Entrevistado/a: Representación institucional – Lic. en Comercio Internacional - Transportation Sr. Analyst.

Sección 1 — Identificación.

1) Nombre de la empresa:

mercado Libre (MELI).

2) Tamaño de la empresa:

Gran empresa (ecosistema de e-commerce, logística y servicios financieros en la región).

3) ¿Cuál es el alcance operativo con el que cuenta?

Internacional (operaciones logísticas en múltiples países de LATAM a través de Mercado Envíos, con despliegue en Argentina, Brasil, México, Colombia, Chile, Uruguay, Perú y Ecuador, entre otros).

Sección 2 — Empresas que sí utilizan IA.

4) ¿La empresa implementa actualmente herramientas de IA en logística y/o cadena de suministro?

Sí. En MELI se utilizan algoritmos en planeamiento de red y ruteo desde hace varios años, y hoy también apoyan la operación diaria de nuestros centros y la coordinación con flota propia y socios logísticos.

5) ¿Cuándo comenzó a incorporarlas?

Aproximadamente desde 2020–2025, fue un camino evolutivo. Empezaron con casos de uso de ruteo y planificación y, a medida que escalaban los volúmenes, se amplió el modelo y los tableros. En 2024 se refuerza la base empresarial con una modernización de plataforma (RISE with SAP) para sostener el crecimiento y acelerar integraciones. Ahora, en 2025 seguimos iterando: más señales en tiempo casi real y más automatización en red.

6) ¿Qué áreas optimiza con estas herramientas?

Trabajamos en cuatro frentes. Primero, pronóstico y gestión de inventarios a escala de marketplace, para alinear oferta con demanda y reducir quiebres. Segundo, ruteo y asignación de red para bajar tiempos y kilómetros recorridos. Tercero, automatización intralogística: incorporamos robótica móvil en centros de Brasil para clasificación y soporte al picking. Y cuarto, análisis en tiempo real, con telemetría y tableros que ayudan a conducir de forma más eficiente y a monitorear consumo energético en las operaciones.

7) ¿Qué tecnologías de IA utilizan?

El sistema principal más utilizado es machine learning para planificación de red, ruteo y pronósticos. Al mismo se le suma visión computarizada/deep learning en automatización y control operativo dentro de los centros, y asistentes conversacionales en procesos del ecosistema (soporte y orquestación). Básicamente, todo se apoya en plataformas de datos y nube para escalar rápido entre países.

8) ¿Qué beneficios observaron desde la implementación?

Se redujeron los tiempos de entrega y el costo operativo por una mejor combinación de rutas y capacidad. También se gana mucha precisión de inventarios al integrar datos masivos del marketplace con el flujo logístico. Del lado del cliente, se nota en una experiencia más predecible: cumplimos promesas de entrega con mayor consistencia y eso mejora satisfacción y recompra.

9) ¿Contribuye a objetivos de sostenibilidad? ¿Cuáles?

Sí, y de forma directa. La optimización de rutas baja kilómetros y emisiones; la telemetría mejora hábitos de conducción y consumo; y estamos impulsando movilidad

sostenible (electrificación y combustibles alternativos donde tiene sentido). En centros, los proyectos de automatización y eficiencia energética ayudan a reducir el uso de recursos y a medir mejor el impacto.

10) ¿Cómo describiría su nivel de madurez digital?

Bueno, MELI se encuentra muy avanzado. Se combina analítica, automatización intralogística y despliegues regionales—con centros robotizados en Brasil y soluciones replicables en otros países—sobre una base tecnológica que nos permite escalar y mantener visibilidad operativa de punta a punta.

11) ¿Qué barreras o dificultades encontraron?

El reto más obvio es el CAPEX/OPEX de expandir infraestructura y automatización (apertura de centros, incorporación de robots). A eso se suma la integración tecnológica—modernizar y armonizar la plataforma empresarial para que todo conviva sin fricción—y el talento/ciberseguridad: escalar analítica y modelos exige perfiles especializados, gobierno de datos y una postura de seguridad sólida en un ecosistema grande y diverso.

C. Entrevista estructurada — Crane Worldwide Logistics

Instrumento: “Uso de Inteligencia Artificial en la cadena de suministro y logística” (cuestionario estructurado).

Modalidad: Presencial, sede de la empresa.

Fecha de realización: 20 de agosto, 2025.

Ubicación: San Juan, Argentina.

Entrevistador/a: Ortiz, M. Nazareth.

Entrevistado/a: Representación institucional – Ing. Agrimensor - Mining Operation Manager – Head Office San Juan.

Sección 1 — Identificación.

1) Nombre de la empresa:

Crane Worldwide Logistics (CWL).

2) Tamaño de la empresa

Gran empresa 3PL (freight forwarding, contract logistics, aduana/compliance).

3) ¿Cuál es el alcance operativo con el que cuenta?

Internacional (entre 120–130+ ubicaciones en más de 30 países; sede central en Houston, TX).

Sección 2 — Empresas que SÍ utilizan IA.

4) ¿La empresa implementa actualmente herramientas de IA en logística/cadena de suministro?

Sí. En Crane venimos incorporando analítica y aprendizaje automático para ganar eficiencia en transporte, visibilidad y operación de almacenes. No es un experimento:

hoy esas capacidades están integradas a nuestras plataformas y nos ayudan a planificar mejor, automatizar tareas y tomar decisiones con datos en tiempo casi real.

5) ¿Cuándo comenzó a incorporarlas?

Fue avanzando a lo largo, entre 2021 y 2025. En 2021 reforzamos Managed Transportation/4PL con un TMS de clase mundial. En 2024 estandarizamos integraciones EDI con Boomi, lo que nos ahorró miles de horas manuales al año. Y en 2025 dimos el siguiente paso con una migración estratégica a AWS para escalar datos, analítica e iniciativas de machine learning a nivel global.

6) ¿Qué áreas optimiza con estas herramientas?

Tres frentes principales:

- Transporte y ruteo con TMS y nuestra torre de control para planificar, asignar y ejecutar con menos desvíos.
- Visibilidad y analítica (C-View, BI) para seguimiento y toma de decisiones operativas informadas.
- Inventarios y almacenes con WMS y movilidad, mejorando productividad, exactitud y tiempos de preparación.

7) ¿Qué tecnologías de IA utilizan?

En Crane combinamos ML/IA (en nube) para eficiencia operativa, como plataformas de integración/EDI y event streaming (Boomi) para orquestar datos y procesos; TMS para transporte y WMS para intralogística, todo conectado por APIs y modelos de datos comunes.

8) ¿Qué beneficios observaron desde la implementación?

Se realizan menos tareas manuales y ciclos más cortos—solo la automatización EDI nos liberó muchas horas. También se gana visibilidad y precisión (inventario en tiempo real, track & trace confiable) y la experiencia del cliente mejora porque puede seguir su embarque punta a punta con información más clara y oportuna.

9) ¿Contribuye a objetivos de sostenibilidad? ¿Cuáles?

Sí. A nivel internacional se realiza la medición y el reporte CO₂e de Alcance 3 con metodologías reconocidas (GLEC), lo que permite a nuestros clientes entender su

huella y, a la vez, nos da insumos para optimizar rutas y consolidaciones. Menos kilómetros vacíos, menos consumo y mejores decisiones.

10) ¿Cómo describiría su nivel de madurez digital?

Avanzado. Crane opera con presencia global, capacidades 4PL, TMS/WMS, BI y un stack de integración moderno (Boomi/AWS) que nos permite escalar casos de uso de datos y modelos con consistencia entre países y verticales.

11) ¿Qué barreras o dificultades encontraron?

Las de siempre cuando se escala: CAPEX/OPEX en infraestructura/licencias, la integración con ecosistemas diversos (mapping EDI, calidad y gobierno de datos) y la necesidad de talento especializado junto con una postura fuerte de ciberseguridad en plataformas cloud. La clave ha sido priorizar por impacto, estandarizar y acompañar con gestión del cambio.

D. Entrevista estructurada — SURMAT SRL

Instrumento: “Uso de Inteligencia Artificial en la cadena de suministro y logística” (cuestionario estructurado).

Modalidad: Presencial, sede de la empresa.

Fecha de realización: 21 de agosto, 2025.

Ubicación: San Juan, Argentina.

Entrevistador/a: Ortiz, M. Nazareth.

Entrevistado/a: Representación institucional - Global Trade & Logistics Manager.

Sección 1 — Identificación.

1) Nombre de la empresa:

SURMAT SRL.

2) Tamaño de la empresa:

PyME. (El formulario contempla Micro, PyME o Gran empresa).

3) ¿Cuál es el alcance operativo con el que cuenta?

Nacional, con operación en corredores andinos de San Juan y eje San Juan–Mendoza–San Luis–AMBA (contextos con ventanas horarias, restricciones de acceso y variabilidad climática).

Sección 2 — Empresas que sí utilizan IA.

4) ¿La empresa implementa actualmente herramientas de IA en logística/cadena de suministro?

Sí. Empezamos a apoyarnos en optimización de rutas que nos sugiere el orden de visitas y reordena la jornada cuando aparecen imprevistos (tránsito, clima, cortes). Hoy lo usamos todos los días, especialmente en los corredores andinos donde las condiciones cambian rápido.

5) ¿Cuándo comenzó a incorporarlas?

Entre 2024 y 2025, de forma gradual. Arrancamos con pilotos cerca de la base, fuimos geocodificando clientes, sumando ventanas horarias y prioridades de entrega, y paso a paso lo estabilizamos en la mayor parte de la operación.

6) ¿Qué áreas optimiza con estas herramientas?

Principalmente transporte y distribución: secuenciación y re-secuenciación de paradas para cumplir ventanas y aumentar densidad por ruta, y monitoreo en tiempo casi real (tráfico, GPS, tiempos efectivos) para replanificar sobre la marcha.

7) ¿Qué tecnologías de IA utilizan?

Un TMS liviano integrado con mapas/geo y modelos simples de machine learning para estimar y priorizar tickets. Nada “futurista”: pequeñas piezas que corren sobre datos cada vez más ordenados, con la idea de construir capacidades de a etapas.

8) ¿Qué beneficios observaron desde la implementación?

Menos kilómetros y menos tiempos muertos; bajó el costo por servicio y subió la puntualidad. También aumentó la densidad de paradas por ruta y el seguimiento se volvió más claro.

9) ¿Contribuye a objetivos de sostenibilidad? ¿Cuáles?

Sí. Al optimizar rutas recorreremos menos, consumimos menos combustible y, en consecuencia, reducimos emisiones de CO₂. Ya empezamos a medir ese impacto.

10) ¿Cómo describiría su nivel de madurez digital?

En desarrollo ya que somos una PyME.

11) ¿Qué barreras o dificultades encontraron?

El costo inicial (licencias, dispositivos, conectividad), brechas de infraestructura en zonas donde la señal cae, y la formación del equipo para adoptar nuevas prácticas. También el cambio cultural: explicar que el algoritmo no quita trabajo, sino que ayuda a entregar mejor. El retorno aparece, pero lleva unos meses.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amazon Web Services. (2023). With AWS, Mercado Livre becomes the first company in Latin America to run industrial automation workloads on AWS Outposts.

Amazon Web Services. (2024). Mercado Libre on AWS (Innovators).

Amazon Science. (2021, 17 de febrero). Amazon, MIT team up to add driver know-how to delivery-routing models.

Amazon Science. (2022, 24 de agosto). The science behind grouping package deliveries (CONDOR).

Andreani. (2024). Informe/Reporte de sustentabilidad 2024.

Arcor. (2023). Reporte de Sustentabilidad 2023. Grupo Arcor.

Arcor. (2025). Reporte de Sustentabilidad 2024/2025. Grupo Arcor.

Oracle. (2021, 13 de abril). Arcor optó por Oracle Cloud y APEX para manejar sus procesos logísticos.

Banco Mundial. (2020). Cybersecurity and data protection in emerging economies. Washington, DC: World Bank.

Betancur, J. A. (2024). Transformación digital en la logística internacional. Universidad Pontificia Bolivariana.

Binns, R. (2018). Fairness in machine learning: Lessons from political philosophy. En Proceedings of the 2018 Conference on Fairness, Accountability, and Transparency (pp. 149–159). ACM.

Boomi. (2025, 14 de mayo). Boomi announces winners of the 2025 Customer Innovation Awards.

Cárdenes, J. (2022). La aplicación de Big Data e Inteligencia Artificial en logística y transporte para la optimización de procesos en empresas (Tesis de grado). Universidad de Madrid.

CEPAL/ILIA. (2024). ILIA 2024: Preparación y progreso de la IA en América Latina y el Caribe. CEPAL.

CEPAL/ILIA. (2025). Uso de soluciones de IA en ALC 2025. CEPAL.

Cheah, K. S. L. (2024). Distributed leadership and knowledge management for AI adoption in higher education. *Asian Journal of Research in Education and Social Sciences*, 6(2), 1–18.

Chollet, F. (2019). *Deep learning with Python*. Manning Publications.

Chopra, S., & Meindl, P. (2016). *Supply chain management: Strategy, planning, and operation* (6.^a ed.). Pearson.

Christopher, M. (2016). *Logistics & supply chain management* (5.^a ed.). Pearson.

Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP). (2023). *CSCMP supply chain management definitions and glossary*. CSCMP.

DHL Discover. (2024, 13 de junio). AI-enhanced last-mile delivery.

DHL Discover. (2024, 18 de septiembre). Benefits of AI in last-mile delivery.

DHL Discover. (2025, 9 de agosto). The role of AI in logistics.

Domingos, P. (2015). *The master algorithm*. Basic Books.

Esoimeme, E. E. (2024). *Barriers to implementing new technologies for AML/CFT functions: The case of Nigeria*. Taylor & Francis.

FedEx Newsroom. (2024, 19 de agosto). FedEx introduces Surround® Monitoring and Intervention.

FedEx Newsroom. (2025a, 16 de febrero). FedEx Surround launches in Korea.

FedEx Newsroom. (2025b, 11 de marzo). FedEx Surround launches in the UAE.

Fernández, M., & Ramírez, J. (2022). Chatbots y asistentes virtuales en la gestión logística: Una revisión sistemática. *Revista Iberoamericana de Logística y Comercio Internacional*, 19(3), 77–95.

García Herrera, J. L. (2020). *Inteligencia artificial en las organizaciones*. Universidad Militar Nueva Granada.

Garba, B. M. P., & Gil-Ozoudeh, I. (2024). Strategic frameworks for digital transformation across logistics and energy sectors. Recuperado de ResearchGate.

GlobeNewswire. (2020, 29 de enero). UPS to enhance ORION with continuous delivery route optimization.

Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep learning*. MIT Press.

GS1. (2023). EPCIS & CBV Standard (v2.0): Overview. GS1.

GS1. (2024, diciembre). Digital Product Passport: Driving circularity and traceability (Whitepaper). GS1 in Europe.

GS1. (2025, abril). Digital Product Passport: FAQs & implementation update. GS1.

GS1 Argentina. (s. f.). GS1 EDI.

Hanson, E., & Nwakile, C. (2024). Integrating sustainability and safety in high-risk industries. *Global Journal of Research in Management Studies*, 4(1), 1–12.

IBM. (2024). X-Force Threat Intelligence Index 2024. IBM.

IBM. (2025). X-Force Threat Intelligence Index 2025. IBM.

INFORMS/ORMS. (2016). ‘ORION’ delivers success for UPS. *OR/MS Today*.

ISO. (2022). ISO/IEC 27001:2022 — Information security management systems — Requirements. ISO.

ISO. (2023a). ISO 8000 — Data quality. ISO.

ISO. (2023b). ISO/IEC 42001:2023 — Artificial intelligence management system — Requirements. ISO.

ISO. (2023c). ISO 14083:2023 — Quantification and reporting of GHG emissions arising from transport chain operations. ISO.

Ivanov, D., & Dolgui, A. (2020). Viability of intertwined supply networks: Extending the supply chain resilience angles toward survivability. *International Journal of Production Research*, 58(10), 2904–2915

Krahmer, E. (2024). Impacto de la inteligencia artificial en la cadena de suministros. *Perspectivas: Revista Científica de la Universidad de Belgrano*, 7(1), 146–152.

La Nación. (2025, 8 de mayo). Mercado Libre arrancó 2025 con resultados récord...

Lambert, D. M., & Cooper, M. C. (2000). Issues in supply chain management. *Industrial Marketing Management*, 29(1), 65–83.

LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436–444.

- Liu, Y., Zhang, H., & Wang, J. (2023). Computer vision applications in logistics and supply chain management: A systematic review. *Journal of Supply Chain Management*, 59(2), 45–61.
- Mashayekh, J. (2024). Artificial intelligence and its role in organizational transformation. *Central Eurasia Studies*, 12(3), 55–70.
- McKinsey & Company. (2024). Technology trends outlook 2024. McKinsey.
- McKinsey & Company. (2025). Supply chains can get faster: A lot faster. McKinsey.
- Mercado Libre. (2025, 7 de mayo). Letter to shareholders – Q1 2025 (Investor Relations).
- Mercado Libre. (2025). Sustainable Bond Report 2025. Investor Relations.
- Mercado Libre. (2025, 14 de julio). Nuevo centro de almacenamiento en Tres de Febrero. Sala de prensa.
- Mentzer, J. T., DeWitt, W., Keebler, J. S., Min, S., Nix, N. W., Smith, C. D., & Zacharia, Z. G. (2001). Defining supply chain management. *Journal of Business Logistics*, 22(2), 1–25.
- Minetti, G., Salto, C., Alfonso, H., Bermúdez, C., & Dielschneider Del Bono, M. J. (2024). Optimización de la logística de distribución utilizando técnicas de IA. En *Actas del Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*.
- Murire, O. T. (2024). Artificial intelligence and its role in shaping organizational work practices and culture. *Administrative Sciences*, 14(2), 1–20.
- Nasdaq. (2025, 7 de mayo). Mercado Libre builds on 2024 momentum with strong Q1 2025 results.
- Patil, D. (2024). Generative artificial intelligence in marketing and advertising. Recuperado de ResearchGate.
- Rey Escobar, I., & Valle Nieto, J. E. (2023). Transformación digital en la logística internacional: Estrategias y desafíos de la inteligencia artificial para los inventarios y cadena de suministro en las empresas exportadoras colombianas (Trabajo de grado). Universidad Pontificia Bolivariana.
- Riquelme, S. (2018). La logística 4.0 y la inteligencia artificial. *Revistar*, 4(2), 45–60.

- Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. (2017). *The handbook of logistics and distribution management* (6.^a ed.). Kogan Page.
- Russell, S., & Norvig, P. (2020). *Artificial intelligence: A modern approach* (4th ed.). Pearson.
- Salto, C., Minetti, G., Bermúdez, C., Alfonso, H., & Vargas, J. (2024). *Optimización logística mediante IA*. Universidad Nacional de La Pampa.
- Sánchez Suárez, Y., Pérez Castañeira, J. A., Sangroni Laguardia, N., Cruz Blanco, C., & Medina Nogueira, Y. E. (2021). Retos actuales de la logística y la cadena de suministro. *Revista Ciencia y Tecnología*, 15(3), 25–40.
- Sarkis, J. (2021). *Sustainable supply chains: A research-based textbook on operations and strategy*. Springer.
- Sørensen, S. L. (2024). *Towards the realization of digitalized outfitting yard logistics: A study within the Norwegian maritime cluster* (Tesis de maestría). NTNU Open.
- Stern, R. (2024). Technology combats supply chain disruptions. *Research-Technology Management*, 67(3), 12–21.
- Supply Chain Dive. (2021, 11 de junio). UPS adds dynamic routing to ORION, saving 2–4 miles per driver.
- Tenés Trillo, E. (2023). *Impacto de la inteligencia artificial en las empresas* (Tesis). Universidad Politécnica de Madrid.
- Universitat Internacional de Catalunya (UIC). (2024). *Observatorio de la Inteligencia Artificial en España: Adopción de la IA en grandes empresas*. Cátedra de IA y Sociedad.
- UPS. (2025). *Delivering for our planet: ORION and advanced analytics*.
- Walmart Corporate. (2025, 17 de julio). *Walmart's U.S. supply chain playbook goes global—And it's reinventing retail at scale*.
- World Economic Forum. (2019). *Global Lighthouse Network: Insights from the Fourth Industrial Revolution*. WEF.

World Economic Forum. (2025, 16 de septiembre). Global Lighthouse Network 2025: 12 new sites driving holistic transformation (Press release). WEF.

World Economic Forum. (2025). Mastering AI quality to deliver business value. WEF.

Zöll, A. (2024). Managing privacy challenges in digital services and machine learning. TU Darmstadt Press.