LUMEN ET VIRTUS
ISSN: 2177-2789

# LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SU IMPACTO EN LA GESTIÓN DE INVENTARIOS EN LA CADENA DE SUMINISTRO

https://doi.org/10.56238/levv15n43-037

**Data de submissão:** 09/11/2024 **Data de publicação:** 09/12/2024

**Tamayo Contreras Porfirio**
Departamento de Gestión y Dirección de Empresas de la División de Ciencias Económico-Administrativas de la Universidad de Guanajuato
E-mail: aeinegocios1@gmail.com

**Maldonado Alcaraz Saul**
Universidad Iberoamericana Campus León
E-mail: saul.maldonado@pirelli.com

**Ángel Gutiérrez Rodríguez**
Departamento de Gestión y Dirección de Empresas de la División de Ciencias Económico-Administrativas de la Universidad de Guanajuato
E-mail: angel0@ugto.mx

## RESUMEN

Cada vez es más frecuente el uso de sistemas y algoritmos en un campo de suma relevancia que es la cadena de suministro, integrando una gran cantidad de datos (Big Data) que existen en el ciber-espacio, que operados con la inteligencia artificial administran con eficiencia y eficacia los riesgos. El objetivo de esta investigación es determinar como el uso del aprendizaje automático, la optimización avanzada y la inclusión de algoritmos, impacta de manera positiva en la gestión de inventarios, principalmente, en la reducción de stock y en el ahorro de almacenaje interno o externo dentro de la cadena de suministros. S e utilizó el método sistema de gestión de almacenes conocido bajo el acrónimo WMS por sus siglas en inglés (SAP WMS complex mode, 2024: SAP Latam, 2024; SAP EWM, 2024). En una muestra de 130 empresas la industria de autopartes ubicadas en Guanajuato. Los resultados mostraron que el uso del algoritmo de inteligencia artificial de agrupación generó una mejora considerable tanto en la saturación del almacén al pasar de un nivel de utilización del 68% a un máximo promedio de utilización de 93%.

**Palabras claves:** Inteligencia Artificial. Gestión de Inventarios. Cadena de Suministros. SAP WMS.

## 1 INTRODUCCIÓN

La evolución de la industria y el comercio con el transcurso del tiempo ha evolucionado, a sus inicios de manera acompasada y ulteriormente a una mayor velocidad se ha incrementado deuna forma significativa, en pleno siglo XXI que inició el 1 de enero de 2001 y terminará el 31 dediciembre de 2100, esta llegado a puntos excitantes e inimaginables. Es posible notar la presencia cada vez más frecuente el uso de sistemas y algoritmos en un campo de suma relevancia que es la cadena de suministro, integrando una gran cantidad de datos *(Big Data)*que existen en el ciber-espacio, que operados con la inteligencia artificial administran con eficiencia y eficacia los riesgos, reduciendo costos logísticos y con un amplio control (Chen, Mao,& Liu, 2014; Gandomi , & Haider, 2015; Kitchin, 2014; Manyika, Chui, Brown, Bughin, Dobbs,Roxburgh, & Byers, 2011; Mayer-Schönberger, & Cukier, 2013).

Las ideas esenciales de lo que actualmente conocemos como inteligencia artificial se remontan a la lógica y algoritmos de los griegos, y a las matemáticas de los árabes, el conceptode obtener razonamiento artificial aparece en el siglo XIV y a finales del siglo XIX se obtienenlógicas formales suficientemente poderosas, de tal manera que a mediados del siglo XX, se crean máquinas capaces de resolver problemas mediante el uso avanzado de lo que inició con un razonamiento filosófico de la lógica y algoritmos helenos (Liu, Romera-Paredes, & Lehman, 2024; Mirrashid, & Naderpour, 2023; Vienna Center for Logic and Algorithms, 2024; Yannakakis, & Papadimitriou, 2023).

La inteligencia artificial (IA) se define como la capacidad de una máquina o sistema informático para realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana. Esto incluye habilidades como el razonamiento lógico, el aprendizaje, la percepción, la resolución de problemas, la comprensión del lenguaje natural, y la toma de decisiones (IBM, 2023; McKinsey& Company, 2023; Mirrashid, & Naderpour, 2023; SciELO México,2023). A continuación, algunos enfoques para comprender mejor la IA:

- Definición técnica: Según el ámbito académico, la IA es el campo de la informática que busca desarrollar sistemas capaces de realizar tareas que imitan procesos cognitivos humanos,como el aprendizaje automático (*machine learning*) y el procesamiento del lenguaje natural.
- Definición funcional: La IA se refiere a cualquier sistema que pueda interpretar datos, aprender de ellos y usar ese aprendizaje para alcanzar objetivos específicos con adaptabilidad.Definición popular: A menudo se describe como la capacidad de las máquinas para "pensar" o "actuar" como los humanos, aunque en realidad, la IA trabaja con datos y modelos matemáticos que optimizan resultados más allá del alcance humano tradicional.

Alan Turing, en su artículo *"Computing Machinery and Intelligence",* consideró si las máquinas podían pensar. En este artículo, Turing acuñó por primera vez el término inteligenciaartificial y lo presentó como un concepto teórico y filosófico (Amazon, 2022). Es así como elconcepto de inteligencia artificial ha evolucionado de tal forma que hoy en día se usa en bastantes ramos de la industria en aplicaciones como, vehículos de guiado autónomo; redes neuronales artificiales; aprendizaje autónomo; robótica; sistemas expertos; y procesamiento de lenguaje natural (The Insight Partners, 2023; Madrigal Moreno, & Muñoz Ceballos, 2023; Mordor Intelligence, 2024; Redalyc, 2023).

Cada una de las aplicaciones de la inteligencia artificial (IA) se enfocan en diversoscampos prácticos, entre las que se encuentra la cadena de suministros entendiéndola como el sistema interconectado de personas, actividades, tecnologías y recursos que participan en la creación, producción y entrega de bienes y servicios desde el proveedor inicial hasta el consumidor final. Incluye procesos clave como la planificación, aprovisionamiento, producción,distribución y gestión de devoluciones. En la actualidad, la digitalización y la sostenibilidad soncomponentes esenciales para optimizar su gestión y mejorar la resiliencia frente a interrupciones externas (Emprendedor Inteligente, 2024; KPMG, 2024; Maersk, 2024; Mercately, 2024).

En la cadena de suministros la IA ha beneficiado al mejoramiento de las redes de conexión generando nuevas formas de resolución de problemas, así como optimizando la capacidad de las máquinas para procesar información, realizar tareas de manera autónoma yaprender. Es por ello, que la inteligencia artificial al ser aplicada en la cadena de suministrosprocesa una gran cantidad de datos, mejora el flujo logístico, así como la toma de decisiones,impacta en la sinergia de las operaciones. Y, sobre todo, ayuda a reducir costos (BeeDIGITAL,2023; The Logistics World, 2023; McKinsey & Company, 2023; MIT Technology Review, 2024; UnnOtec, 2024).

En la materia de la cadena de suministros hay una pregunta común que se realiza de manera recurrente al hablar de este tema ¿Cómo la inteligencia artificial puede ayudar a mejorar la cadena de suministro? La respuesta más común, de una manera sintética, se concreta en manifestar que la IA beneficia al mejoramiento en la eficiencia y eficacia de la toma decisiones, reducción de costos logísticos y aumento de la rentabilidad empresarial (Accenture,2024; CargoON, 2024; Harvard Deusto, 2023; The Logistics World, 2024). Existen varios factoresclave que se ven involucrados en la mejora del desempeño cuando se trata de mezclar la IA con la cadena de suministros, algunos de ellos son:

- Optimización de procesos: La inteligencia artificial está diseñada para el análisisde grandes cantidades de datos y tomar decisiones en base a algoritmos definidos. Esto permite optimizar los procesos de la cadena de suministro, como la planificación de la demanda, la programación de rutas de transporte, la gestión de inventario y la gestión de almacenes. Al utilizar la IA, se pueden identificar patrones, tendencias y

correlaciones en los datos, lo que lleva a unamayor eficiencia operativa y ahorro de costos.

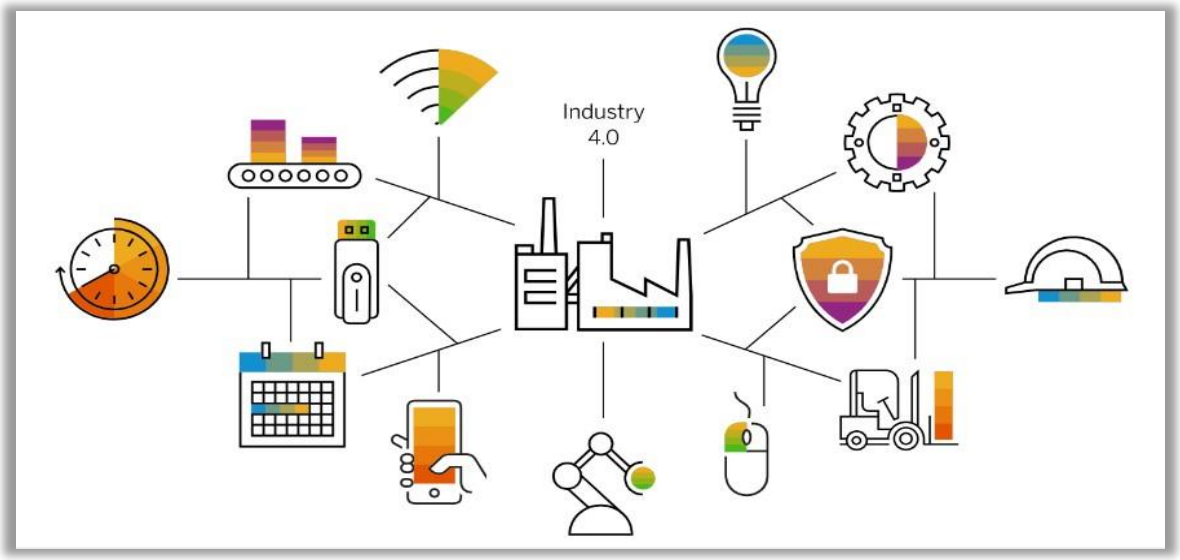
- Predicción en la demanda: Analizando datos, históricos, factores, socioeconómicos, políticos y tendencias del mercado, la IA es una excelente aliada para gestionar de manera más precisa los volúmenes de producción y con esto reducir costos de almacenaje teniendo el volumen necesario que elmercado requiere.
- Optimización del transporte: en este punto, la inteligencia artificial tiene el áreadonde con más facilidad se desarrolla, al tomar como base, el tráfico, las rutasrápidas, mayor ahorro de combustible, condiciones climáticas, seguridad carretera entre otras, puede sugerir las vías de trasporte efectivas y con esto poder tener un efecto positivo en la satisfacción de los clientes.
- Gestión inteligente de inventarios: Al utilizar los algoritmos de inteligencia artificial, se implementan sistemas de almacenaje, surtido y manejo de stock que maximizan el espacio y reducen los recursos requeridos, esto afecta directamente a los costos de manejo y almacenaje de productos.
- Mantenimientos Predictivos: la IA puede monitorear el estado de los activos de la cadena de suministro, como maquinaria y equipos, y predecir fallos o necesidades de mantenimiento antes de que ocurran. Esto para generar una planificación proactiva de las actividades de mantenimiento, evitando interrupciones no planificadas en la cadena de suministro y reduciendo los costos asociados con averías y reparaciones urgentes.

El uso de algoritmos de IA en cada uno de los factores arriba mencionados promueve el ahorro en costos operáticos y de administración en general, así como reducción de los tiempos de gestión para tareas claves en las organizaciones, las que pueden ser monitoreadasen todo momento por integración de datos y decisiones basadas en la emulación de un pensamiento humano racional.

La integración de la inteligencia artificial en la cadena de suministro está dando paso a la llamada Logística 4.0 donde se integran ya en el ciclo logístico, la automatización, el Big Data, la realidad virtual, el aprendizaje autónomo, el Internet de las cosas, así como el análisis de grandes cantidades de datos en tiempo real (Calatayud, & Katz, 2024). Véase la figura 1

.

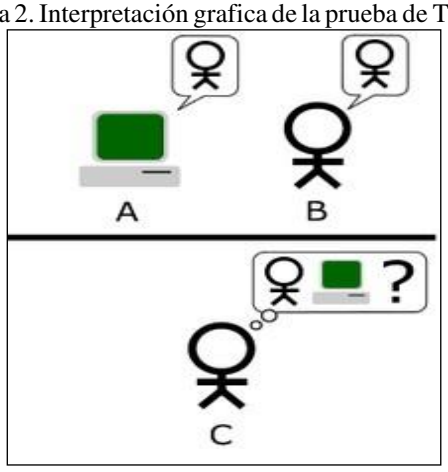
Figura 1. Esquema de interacción de la industria 4.0




Fuente: Calatayud, & Katz, 2024).

Turing,1950 (citado por Aden, 2024, p 69) realizó una pregunta, *"¿Pueden pensar las maquinas?"*, este cuestionamiento lo llevó desarrollar en esos años el famoso *"Test de Turing"*,en la cual, el interrogador denominado la entidad C, le es conferida la tarea de determinar quéentidad, con la que se tiene una conversación mediante una pantalla y un teclado (entidad A oB) es una computadora y cual es un ser humano. El interrogatorio se limita a utilización de lasrespuestas a las preguntas escritas para tomar la decisión, dando cabida a lo que se conoce como *Machine Learning* y *Deep Learning* véase figura 2.

Figura 2. Interpretación grafica de la prueba de Turing.




Fuente: Aden, 2024

El *Machine Learning* (aprendizaje automático) y el *Deep Learning* (aprendizaje profundo) son las dos técnicas principales de inteligencia artificial que se utilizan en la actualidad. El *Machine Learning* es una aplicación de inteligencia artificial en la quelos programas informáticos utilizan algoritmos para encontrar patrones en los datos. Pueden hacerlo sin estar programados

específicamente para ello, sin depender de los humanos. En el mundo actual, los algoritmos de aprendizaje automático están detrás de casi todos los avances tecnológicos y aplicaciones de inteligencia artificial que hay en el mercado (Analytics Vidhya,2024; Tecton, 2023).

El *Deep Learning,* es una parte compleja del *Machine Learning* donde mediante algoritmos de imitación de la percepción humana inspirada en el cerebro, se busca que la máquina profundice en su aprendizaje, identificando conexiones y cuando sea necesario, modificando los datos de ingreso para conseguir los mejores resultados posibles (Goldblum, Anandkumar, Baraniuk, & Wilson, 2023; Sainju, & Wang, 2023)

Tanto el *Machine Learning* y *Deep Learning* han sido un soporte metodológico en el desarrollo de la inteligencia artificial y esta a su vez dentro de la tecnología aplicada en la cadena de suministros, tal como lo describió Zhang (2023) al manifestar que la logística inteligente y la cadena de suministro en la era digital es un avance comprensible y de gran transformación en el campo de la logística debido al uso de la tecnología de la información, con el *Big Data,* El *Machine Learning* y al *Deep Learning,* esto debido a la constante innovacióny progreso tecnológico. Los modelos de gestión logística inteligente se han convertido en estrategia vital para la competencia empresarial.

El *Big Data* y el *Cloud Computing* están revolucionado el campo de la cadena de suministros, permitiendo que las maquinas se conecten a internet mediante un sistema heterogéneo con la ejecución de conexiones alámbricas o inalámbricas, de igual forma por medio del uso de las redes de sensores inalámbricos (WSN) que se encargan de colectar milesde datos en tiempo real para poder analizarlos y poder generar patrones de correcto funcionamiento de maquinarias y/o sistemas logísticos (He, H., Li, X., Chen, P., Chen, J., Liu, M., & Wu, L. , 2024; Techopedia, 2024).

El *Big Data* y la Inteligencia Artificial pueden influir en las empresas orientando la experiencia del cliente, la rapidez, y la interconectividad entre cliente, empresa y producto, tienden a analizar el manejo de datos en softwares tales como *Enterprise Resource Planning* (ERP), *Warehouse Managment System* (WMS), *Business Intelligence* (BI), *Customer Relationship Management* (CRM), que son de gran ayuda para las empresas al poder manejarde forma más efectiva la gran cantidad de datos que se generan en todos los eslabones de lacadena logística.

## 2 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

Determinar como el uso del aprendizaje automático, la optimización avanzada y la inclusión de algoritmos, impacta de manera positiva en la gestión de inventarios, principalmente, en la reducción de stock y en el ahorro de almacenaje interno o externo dentro de la cadena de suministros. Las hipótesis son las siguientes:

- H1: La implementación de algoritmos de inteligencia artificial en la gestión de los inventarios, reduce niveles de dispersión de stock, haciendo más eficiente el uso del espacio dealmacenaje en la cadena de suministros.
- H2: La implementación de algoritmos de inteligencia artificial en la gestión de inventario, tiene un impacto positivo en el ahorro de almacenaje interno o externo.

## 3 METODOLOGÍA

Se utilizó el método sistema de gestión de almacenes conocido bajo el acrónimo WMS por sus siglas en inglés (SAP WMS complex mode, 2024: SAP Latam, 2024; SAP EWM, 2024). Este sistema considera los apartados siguientes:

### 3.1 SISTEMA DE GESTIÓN DE ALMACENES WMS SAP

El *WMS* de SAP es un sistema de gestión de almacenes es un software que ayuda a las empresas a gestionar y controlar las operaciones diarias de los almacenes, desde el momentoen que los bienes y materiales entran en un centro de distribución o almacén, hasta el momento en que salen y son entregados a los diferentes destinos ya sea clientes internos o externos; este sistema muestra históricos de datos para mejorar la gestión en tiempo real, talescomo: reporte de inventarios; proporciona ubicaciones vacías; gestión de stock de acuerdo con parámetros ABC; y reporte de consumos de stock.

Además, con la integración de algoritmos de agrupamiento de IA, propone eficiencias operativas que recaen directamente en una mejor gestión de espacios de almacenaje. Esta herramienta se utilizó para la obtención de datos que no ayuden a comprobar la hipótesis H1.

### 3.2 WMS SAP COMPLEX MODE

*WMS complex mode* [20] es una herramienta avanzada de gestión de almacenes en la cual, mediante algoritmos de optimización de saturación definidos previamente, se puede generaranálisis con IA para reducción de costos de inventario, mano de obra, mejorar la utilización deespacios y almacenaje e incrementar la transparencia en las ubicaciones. Esta herramienta seutilizó para obtener datos y poder encontrar la correlación en la hipótesis H2.

Esta herramienta genera una gran ventaja competitiva comparada contra el WMS SAP tradicional, que sólo maneja gestión de almacenaje, y ubicaciones definidas con reglas específicas, mientras que el *WMS complex mode* va más allá, propone movimientos internos de material para optimización recursos, mediante reportes en tiempo real del nivel de stock.

De acuerdo con el contexto del WMS y su significancia aplicada al objeto de la investigación y las hipótesis planteadas, se aplicó también la correlación de Pearson, siendo una medida estadística que evalúa la relación lineal entre dos variables cuantitativas. En otraspalabras, determina si existe una

asociación entre estas variables y, de ser así, en qué dirección (positiva o negativa) y en qué grado. Esta técnica proporciona un coeficiente de correlación que varía entre -1 y 1, donde un valor cercano a 1 indica una correlación positiva perfecta, unvalor cercano a -1 indica una correlación negativa perfecta, y un valor cercano a 0 indica unafalta de correlación. La Fórmula utilizada para el planteamiento de las dos hipótesis es la siguiente:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(X_i - X)^2 \sum_{i=1}^{n}(Y_i - Y)^2}}$$

Donde:

- $r_{xy}$ es el coeficiente de correlación de Pearson entre X e Y.
- $X_i$ y $Y_i$ son los valores individuales de las variables X e Y, respectivamente.
- $\bar{X}$ y $\bar{Y}$ son las medias de las variables X e Y, respectivamente.
- $n$ es el número total de observaciones.

La correlación de Pearson es ampliamente utilizada en la investigación científica y socialpara explorar relaciones entre variables, identificar patrones y predecir comportamientos. Enel presente estudio de caso, se utilizó para examinar la posible relación el uso de algoritmos deIA en los sistemas de gestión de almacenes y los ahorros en termino de almacenaje-costo (variables X y Y), que permite entender la dinámica subyacente entre el objetivo de la investigación y las hipótesis propuestas.

## 3.3 PARTICIPANTES

En el estado de Guanajuato, la industria de autopartes se encuentra altamente desarrollada, con aproximadamente 157 empresas dedicadas a la producción de autopartessegún datos de 2024. Estas empresas desempeñan un papel crucial en el sector automotriz,aportando el 13.8% de la producción nacional de autopartes y posicionando a Guanajuato comoel segundo estado con mayor contribución en este sector después de Coahuila. Además,Guanajuato es un líder en atracción de inversiones en la industria automotriz y de autopartes,con empresas que abastecen tanto al mercado nacional como a Estados Unidos, el principaldestino de exportación (Secretaría de Desarrollo Económico Sustentable de Guanajuato, 2024).De estas empresas participaron en el estudio 130 empresas lo que representó un margen de error del 3.58% con un nivel de confianza del 95%. A los participantes se les explicó el objetivo de la investigación y la confidencialidad de este.

## 4 RESULTADOS

Para la hipótesis H1, se observó que el sistema WMS SAP, definió de forma lógica que ubicaciones deben ser consolidadas y que movimientos de material se debe proponer al operador del almacén para obtener una ganancia de espacio y poder aumentar la saturación de almacén, gracias a los algoritmos de agrupamiento mediante IA, en las tablas 1 y 2 se muestran de que forma el WMS SAP, propone mejoras en la agrupación de productos.

El WMS SAP propone dos tipos de optimización en almacenaje: el primero va encaminado a movimiento de material entre dos locaciones distintas con el mismo número departe para poder generar una ubicación vacía nueva o mayor espacio en la ubicación que se puede utilizar para almacenar producto, véase tabla 1.

Tabla 1. Tabla de propuesta de optimización de ubicaciones WMS SAP (Bin to Bin) (n=130)

| WMS: Warehouse optimization Proposal | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Storage Type | Storage Bin | Material | Typology | Proposal |
| LC1 | CF5-1 | 3828480 | STOCK MOVING | You can move 9 pallets to bin LC1 5FA224 to get an EXTRA place ON THE BIN |
| LC1 | 6FL228 | 4243210 | STOCK MOVING | You can move 9 pallets to bin LC1 4FX204 toget an EXTRA place ON THE BIN |
| LC1 | 3FN117 | 3917400 | STOCK MOVING | You can move 9 pallets to bin LC1 3FP205 to get an EXTRA place ON THE BIN |
| LC1 | 6FH218 | 2709913 | STOCK MOVING | You can move 8 pallets to bin LC1 6FL226 to get an EXTRA place ON THE BIN |
| LC1 | 6FG224 | 2711410 | STOCK MOVING | You can move 8 pallets to bin LC1 6FL223 toget an EXTRA place ON THE BIN |
| LC1 | 6FF209 | 2347710 | STOCK MOVING | You can move 8 pallets to bin LC1 6FD231 to get an EMPTY BIN |
| LC1 | 6FG213 | 2709913 | STOCK MOVING | You can move 8 pallets to bin LC1 6FD115 to get an EXTRA place ON THE BIN |
| LC1 | 5FA217 | 3976610 | STOCK MOVING | You can move 8 pallets to bin LC1 5FB227 toget an EXTRA place ON THE BIN |
| LC1 | 6FG113 | 4210310 | STOCK MOVING | You can move 7 pallets to bin LC1 6FH111 to get an EXTRA place ON THE BIN |
| LC1 | 6FH211 | 2720010 | STOCK MOVING | You can move 7 pallets to bin LC1 6FH106 to get an EXTRA place ON THE BIN |
| LC1 | 6FH213 | 3973510 | STOCK MOVING | You can move 7 pallets to bin LC1 6FG212 toget an EMPTY BIN |
| LC1 | 6FG127 | 3973610 | STOCK MOVING | You can move 7 pallets to bin LC1 6FG123 to get an EMPTY BIN |
| LC1 | 5FC212 | 2884910 | STOCK MOVING | You can move 7 pallets to bin LC1 5FC208 to get an EXTRA place ON THE BIN |
| LC1 | 3FR123 | 2711200 | STOCK MOVING | You can move 7 pallets to bin LC1 4FX202 toget an EXTRA place ON THE BIN |
| LC1 | 4FX204. | 4243210 | STOCK MOVING | You can move 6 pallets to bin LC1 6FL220 to get an EXTRA place ON THE BIN |
| LC1 | 6FF204 | 3572711 | STOCK MOVING | You can move 6 pallets to bin LC1 6FL117 to get an EXTRA place ON THE BIN |
| LC1 | CF6-22 | 3976210 | STOCK MOVING | You can move 6 pallets to bin LC1 6FL116 to getan EXTRA place ON THE BIN |
| LC1 | 6FK229 | 2711210 | STOCK MOVING | You can move 6 pallets to bin LC1 6FK227 toget an EXTRA place ON THE BIN |

Fuente: Elaboración propia con base en WMS SAP, Transacción de optimización de almacenaje

El segundo método de optimización indica la consolidación de dos o más pallets en la misma ubicación para generar espacios que almacenen en la misma ubicación el mismo número de parte, véase tabla 2.

Tabla 2. Tabla de propuesta de optimización de parciales en ubicaciones WMS SAP(Locations) (n=130)

| WMS: Warehouse optimization Proposal | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Storage Type | Storage Bin | Material | Typology | Proposal |
| LC1 | 3FP218 | 4258500 | PALLET MERGING | There are 9 partial pallets on the bin. Youcan merge them. |
| LC1 | 3FR112 | 4450900 | PALLET MERGING | There are 9 partial pallets on the bin. You can merge them. |
| LC1 | 3FR201 | 4111200 | PALLET MERGING | There are 9 partial pallets on the bin. You can merge them. |
| LC1 | 4FV119 | 2637600 | PALLET MERGING | There are 9 partial pallets on the bin. Youcan merge them. |
| LC1 | 4FV228 | 2154200 | PALLET MERGING | There are 9 partial pallets on the bin. You can merge them. |
| LC1 | 4FW208 | 4218300 | PALLET MERGING | There are 9 partial pallets on the bin. You can merge them. |
| LC1 | 4FW226 | 2154200 | PALLET MERGING | There are 9 partial pallets on the bin. Youcan merge them. |
| LC1 | 4FW227 | 3635300 | PALLET MERGING | There are 9 partial pallets on the bin. You can merge them. |
| LC1 | 5FB221 | 2751515 | PALLET MERGING | There are 9 partial pallets on the bin. You can merge them. |
| LC1 | CF5-5 | 3373510 | PALLET MERGING | There are 9 partial pallets on the bin. Youcan merge them. |
| LC1 | 3FN125 | 2745000 | PALLET MERGING | There are 8 partial pallets on the bin. You can merge them. |
| LC1 | 3FN225 | 4448100 | PALLET MERGING | There are 8 partial pallets on the bin. You can merge them. |
| LC1 | 3FN230 | 1555300 | PALLET MERGING | There are 8 partial pallets on the bin. Youcan merge them. |
| LC1 | 3FR104 | 3920900 | PALLET MERGING | There are 8 partial pallets on the bin. You can merge them. |
| LC1 | 3FR115 | 2707200 | PALLET MERGING | There are 8 partial pallets on the bin. You can merge them. |
| LC1 | 3FR222 | 3920800 | PALLET MERGING | There are 8 partial pallets on the bin. Youcan merge them. |
| LC1 | 3FR223 | 3789400 | PALLET MERGING | There are 8 partial pallets on the bin. Youcan merge them. |
| LC1 | 4FW216 | 4333880 | PALLET MERGING | There are 8 partial pallets on the bin. Youcan merge them. |

Fuente: Elaboración propia con base en WMS SAP, Transacción de optimización de parciales en ubicación.

Para determinar la correlación entre el uso de algoritmos de agrupación mediante IA yel porcentaje de saturación o eficiencia de almacenaje por ubicación dentro del almacén, se seleccionaron 20 ubicaciones de las cuales en 10 de ellas no se usó el algoritmo de IA para agrupación X=0 y en los 10 restantes si se realizan los movimientos propuestos por el WMS SAPcon el algoritmo X=1, teniendo como resultado los siguientes datos, véase tabla 3.

Tabla 3. Cálculo de coeficiente de correlación de Pearson en laeficiencia de almacenaje (n=130)

| Cálculo de coeficiente de correlación de Pearson | | |
|---|---|---|
| Ubicación | Implementación de algoritmo de IA (X) | % de Eficiencia de Almacenaje (Y) |
| 2FH202 | 1 | 96 |
| 2FH213 | 1 | 88 |
| 2FH226 | 0 | 65 |
| 2FH227 | 1 | 88 |
| 2FK101 | 0 | 70 |
| 2FM219 | 1 | 96 |
| 2FZ103 | 0 | 43 |
| 3FN101 | 0 | 80 |
| 3FP222 | 1 | 94 |
| 3FP226 | 1 | 91 |
| 3FP227 | 0 | 77 |
| 3FQ206 | 0 | 67 |
| 3FQ211 | 1 | 95 |
| 4FV205 | 0 | 59 |
| 4FV212 | 1 | 91 |
| 4FV227 | 0 | 69 |
| 4FW204 | 1 | 94 |
| 4FW206 | 0 | 72 |
| 4FW208 | 1 | 97 |
| 6FL102 | 0 | 81 |
| | Coeficiente de correlación de Pearson | 0.84437 |
| | % Saturación promedio X=1 con algoritmo | 93 |
| | % Saturación promedioX=0 sin algoritmo | 68 |

Fuente: Elaboración propia

El resultado de la correlación de Pearson fue $r_{xy}$= 0.844, lo que indica que existe una asociación positiva moderadamente fuerte, ya que en los casos donde si se usó el algoritmo deWMS SAP para agrupación de ubicaciones, se obtuvo un promedio de saturación de 93% en comparación con las ubicaciones donde se gestionó el stock sin este algoritmo, teniendo como resultado una saturación de 68%.

Para la hipótesis H2, se utilizó como base los resultados en cuestión de saturación promedio obtenidos de la tabla 3, donde X=1 tuvo un porcentaje de saturación de espacio del93 % y para X=0 obtuvo un porcentaje de saturación de espacio del 68%.

Es importante mencionar que la saturación optima promedio de un área de almacenajesegún los expertos debes ser mayor o igual a un 85%, lo que nos indicó que utilizando los algoritmos de agrupación de IA que propone el WMS de SAP se puede alcanzar una saturaciónpor arriba del estándar de la industria, lo cual generó ahorros significativos en la locación dondese implementó, en la tabla 4 se

muestran la comparativa de ahorro en USD/m2 que se obtieneal utilizar el algoritmo de agrupación versus el no uso de este algoritmo en un almacén de neumáticos de 56,000 m2.

Tabla 4. Tabla comparativa de gasto/ ahorro en uso de algoritmo de IA (n= 130)

| Tabla comparativa de gasto/ ahorro en uso de algoritmo de IA para optimizar almacenaje | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Tipo de almacén | % de Eficiencia de almacenaje | Total de m2 en almacén | Extra-costo de almacenaje USD/m22 | Ganancia / Perdida m2 Vs Estándar 85% | Gasto/Ahorro USD Vs Estándar |
| Con uso de IA | 93% | 56,000 | 8.9 | 4,480 | $39,872.00 |
| Sin usode IA | 68% | 56,000 | 8.9 | -9,520 | -$84,728.00 |
| Estándar en industria | 85% | 56,000 | 8.9 | 0 | $0.00 |

Fuente: Elaboración propia

Se observó que usando algoritmos de IA de agrupación para un almacén de 56,000 m2se puede obtener un ahorro promedio de $84,728 USD/ mes.

## 5 CONCLUSIONES

Los resultados mostraron en ambas hipótesis que el uso del algoritmo de inteligencia artificial de agrupación generó una mejora considerable tanto en la saturación del almacén al pasar deun nivel de utilización del 68% a un máximo promedio de utilización de 93%, lo que nos indicauna ganancia de alrededor de 25%; esto generó una mejor optimización de espacios de almacenaje y un requerimiento nulo en cuestión de espacio de almacenaje externo.

También se pudo observar que, al aplicar estos algoritmos de optimización desaturación, el ahorro en términos de dólares por metro cuadrado excedente fue del orden de

$84,728 USD al mes, esta es la cantidad de recurso que se debería de destinar si el almacén siquiera con una tendencia de baja saturación en el orden de 68%.

El uso de inteligencia artificial en la optimización de espacios de almacenaje ofrece unaserie de beneficios significativos. En primer lugar, la IA permite una gestión más eficiente y precisa de los inventarios, lo que resulta en una reducción de costos y una mejora en la utilización del espacio disponible. Además, mediante algoritmos avanzados de IA, es posible analizar grandes volúmenes de datos en tiempo real para identificar patrones y tendencias, loque facilita la toma de decisiones informadas sobre la disposición y distribución de los productos en el almacén. Esta capacidad de análisis predictivo contribuye a una planificaciónmás efectiva de la demanda y a una optimización de la cadena de suministro. De igual forma,al utilizar técnicas de aprendizaje automático,

la IA puede adaptarse y mejorar continuamenteen función de los cambios en el entorno operativo y las necesidades del negocio.

## REFERENCIAS


Accenture. (2024). La cadena de suministro en la era de la IA generativa. *AccenturePerspectives*. Recuperado de https://www.accenture.com

Aden, (09 Marzo 2024). Inteligencia Artificial: *La Nueva Era de la Logística en la Cadena de Suministro*. Recuperado de https://www.aden.org/business-magazine/la-nueva-era-de-la-logistica-inteligencia-artificial-en-la-cadena-de-suministro/

Amazon, (05 Mazo 2022). *La inteligencia artificial y el reconocimiento*. Recuperado de https://aws.amazon.com/es/what-is/artificial-intelligence/#:~:text=La%20inteligencia%20artificial%20(IA)%20es,y%20el%20reconocimiento%

Analytics Vidhya. (2024). Top 20 AI and machine learning trends to watch in 2024. *AnalyticsVidhya*. Recuperado de https://www.analyticsvidhya.com

BeeDIGITAL. (2023). Inteligencia artificial en la cadena de suministro: Impacto y aplicaciones.

*BeeDIGITAL Insights*. Recuperado de https://www.beedigital.es

Calatayud, A., & Katz, R. (2024). Cadena de suministro 4.0: Mejores prácticas internacionales y hoja de ruta para América Latina. *Banco Interamericano de Desarrollo (BID)*. Recuperado de https://publications.iadb.org

Calatayud, A., & Katz, R. (2024). Cadena de suministro 4.0: Mejores prácticas internacionales y hoja de ruta para América Latina. *Banco Interamericano de Desarrollo (BID)*. Recuperado de https://publications.iadb.org

CargoON. (2024). El impacto de la Inteligencia Artificial en la cadena de suministro. *Cadena deSumini stro*. Recuperado de https://www.cadenadesuministro.es

Chen, M., Mao, S., & Liu, Y. (2014). Big Data: A survey. *Mobile Networks and Applications, 19*(2),171-209. Recuperado de:https://doi.org/10.1007/s11036-013-0489-0

Emprendedor Inteligente. (2024). Definición de cadena de suministro: Estructura y estrategiasclave. *Emprendedor Inteligente*. Recuperado dehttps://www.emprendedorinteligente.com

Gandomi, A., & Haider, M. (2015). Beyond the hype: Big data concepts, methods, and analytics.

*International Journal of Information Management, 35*(2), 137-144.https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2014.10.007

Goldblum, M., Anandkumar, A., Baraniuk, R., & Wilson, A. G. (2023). Perspectives on the state andfuture of deep learning. *arXiv Preprint*. Recuperado de https://arxiv.org/abs/2312.09323

Harvard Deusto. (2023). Inteligencia artificial en la gestión de cadenas de suministro. *HarvardDeusto Business Review*. Recuperado de https://www.harvard-deusto.com

He, H., Li, X., Chen, P., Chen, J., Liu, M., & Wu, L. (2024). Efficiently localizing system anomalies for cloud infrastructures: A novel dynamic graph transformer-based parallel framework. *Journal of Cloud Computing, 13*(115). Recuperado de https://journalofcloudcomputing.springeropen.com

IBM. (2023). Las principales tendencias en inteligencia artificial. *IBM Research*.

Kitchin, R. (2014). *The data revolution: Big data, open data, data infrastructures and their consequences*. SAGE Publications.

KPMG. (2024). Cadenas de suministro: Tendencias para 2024. *KPMG Insights*. Recuperado de https://www.kpmg.com

Liu, Y., Romera-Paredes, B., & Lehman, J. (2024). Evolutionary computation and large language models in algorithm design. *arXiv preprint*.

Madrigal Moreno, S. A., & Muñoz Ceballos, N. D. (2023). Vehículos de guiado autónomo (AGV) en aplicaciones industriales: Una revisión. *Revista Politécnica*. Recuperado de Biblat UNAM

Maersk. (2024). Qué esperar en 2024: Digitalización en las cadenas de suministro. *MaerskLogistics*. Recuperado de https://www.maersk.com

Manyika, J., Chui, M., Brown, B., Bughin, J., Dobbs, R., Roxburgh, C., & Byers, A. H. (2011). Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity. *McKinsey GlobalInstitute*. Recuperado de https://www.mckinsey.com/

Mayer-Schönberger, V., & Cukier, K. (2013). *Big Data: A revolution that will transform how we live, work, and think*. Houghton Mifflin Harcourt.

McKinsey & Company. (2023). El estado de la IA en 2023: El año clave de la IA generativa. *McKinsey Global Survey*.

McKinsey & Company. (2023). El papel de la IA generativa en la cadena de suministro. *McKinseyGlobal Reports*. Recuperado de https://www.mckinsey.com

Mercately. (2024). Cadena de suministro: Definición y su importancia. *Mercately Blog*. Recuperado de https://blog.mercately.com

Mirrashid, M., & Naderpour, H. (2023). Incomprehensible but intelligible-in-time logics: Theory and optimization algorithm. *Knowledge-Based Systems, 264*, 110305. https://doi.org/10.1016/j.knosys.2023.110305

Mirrashid, M., & Naderpour, H. (2023). Incomprehensible but intelligible-in-time logics: Theory and optimization algorithm. *Knowledge-Based Systems, 264*, 110305. https://doi.org/10.1016/j.knosys.2023.110305

MIT Technology Review. (2024). Desarrollar la resiliencia de la cadena de suministro con IA. *MIT Technology Review Insights*. Recuperado de https://www.technologyreview.es

Mordor Intelligence. (2024). Análisis del tamaño y la participación del mercado de vehículos guiados automatizados (AGV) en América Latina. *Mordor Intelligence Reports*. Recuperado de Mordor Intelligence

Redalyc. (2023). Innovaciones en vehículos de guiado automático (AGV): Conexiones con la Industria 4.0. *Redalyc Reports*. Recuperado de Redalyc

Sainju, A. M., & Wang, S. (2023). Weakly supervised deep learning framework for geospatial data modeling. *ScienceGate*. Recuperado de https://www.sciencegate.app

SAP EWM, (02 Abril 2024). *SAP Extended Warehouse Management (SAP EWM)* Recuperadode: https://www.sap.com/products/scm/extended-warehouse-management.html.

SAP Latam, (04 Abril 2024). *Tipos de Warehouse Management Systems* Recuperado dehttps:/ /www.sap.com/latinamerica/products/scm/extended-warehouse- management/what-is-a-wms.html#types-of-warehouse-management-systems.

SAP, (28 Marzo 2024) *Industria 4.0*. Recuperado de https://www.sap.com/latinamerica/products/scm /industry-4-0/what-is-industry-4- 0.html

SciELO México. (2023). Inteligencia artificial en medicina: presente y futuro. *SciELO México*.

Secretaría de Desarrollo Económico Sustentable de Guanajuato (2024). Industria automotriz yde auto partes en Guanajuato: *Reporte de participación 2024*. Gobierno del Estado de Guanajuato. Recuper ado de https://puertointerior.guanajuato.gob.mx

Techopedia. (2024). Top trends shaping the future of cloud computing in 2024. *Techopedia*. Recuperado de https://www.techopedia.com

Tecton. (2023). *The state of applied machine learning 2023 report*. Recuperado dehttps://resources. tecton.ai

The Insight Partners. (2023). Dinámica y crecimiento del mercado de vehículos guiados automática mente (AGV) en 2030. *The Insight Partners Reports*. Recuperado de The Insight Partners

The Logistics World. (2023). Inteligencia artificial en logística: El futuro de la eficiencia en la cadena de suministro. *The Logistics World Reports*. Recuperado de https://www.thelogisticsworld.com

The Logistics World. (2024). Impacto de la IA generativa en la cadena de suministro. *TheLogistics World Reports*. Recuperado de https://www.thelogisticsworld.com

UnnOtec. (2024). Cómo aplicar inteligencia artificial en la gestión de la cadena de suministro.

*UnnOtec Transformación Digital*. Recuperado de https://www.unnotec.com

Vienna Center for Logic and Algorithms. (2024). Talks and advancements in substructural logicsand modal complexity. *Vienna Center for Logic and Algorithms*. Recuperado dehttps://www.vcla.at

Yannakakis, M., & Papadimitriou, C. (2023). Optimization, approximation, and complexityclasses. *Proceedings of the INFORMS Annual Meeting*.

Zhang, Y. (2023). Analysis of Intelligent Logistics and Supply Chain *Management Reform inthe Digital Era. Bio-Byword, vol. 5*, nº 4, pp. 18-19.