

Integración de Tecnologías Avanzadas en la Planeación Agregada: Un estudio en empresas comercializadoras de productos mayoristas en Cuba / Integration of Advanced Technologies in Aggregate Planning: A study of wholesale product marketing companies in Cuba

Carlos Jesús Madariaga Fernández¹carlosjmadariaga@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8194-2216>, Leudis Orlando Vega de la Cruz², <https://orcid.org/0000-0001-7758-2561>

Institución de los autores

¹Centro de Información y Gestión Tecnológica (CIGET), Holguín, Cuba.

²Universidad de Holguín. Cuba.

Resumen

La planeación agregada (PA) en empresas comercializadoras de productos mayoristas en Cuba enfrenta desafíos críticos derivados de limitaciones tecnológicas, organizacionales y contextuales. Este estudio analiza las características y retos de la PA en diez entidades cubanas, mediante un enfoque mixto que combina encuestas a expertos, análisis documental y métodos multicriterio (PROMETHE II, AHP-TOPSIS). Los resultados revelan que, aunque funciones como la gestión de ventas y la planificación de la fuerza laboral muestran desempeños aceptables ($\Phi^+ = 0.325$ y 0.294 , respectivamente), persisten brechas en la adopción de inteligencia artificial (IA), con solo el 10% de empresas empleando algoritmos de la IA para optimización. La infraestructura tecnológica insuficiente y la escasa capacitación en IA (64% del personal sin formación especializada) emergen como barreras clave. Mediante un análisis de priorización, se identificó la integración industrial holística ($CC\sim i\sim = 0.819$) y los estudios aplicados de IA en logística ($CC\sim i\sim = 0.703$) como soluciones urgentes. El artículo subraya la necesidad de políticas públicas que fomenten la modernización tecnológica y la colaboración academia-industria, proponiendo un marco adaptable para economías emergentes. Estos hallazgos contribuyen a la literatura al ofrecer una perspectiva contextualizada de la PA en entornos

restrictivos, resaltando el potencial de la IA para optimizar recursos en cadenas de suministro mayoristas.

Palabras clave: planeación agregada, Inteligencia artificial, Industria 4.0, Métodos multicriterio.

Abstract

Aggregate planning (AP) in wholesale product marketing companies in Cuba faces critical challenges derived from technological, organizational, and contextual limitations. This study analyzes the characteristics and challenges of AP in ten Cuban entities, using a mixed approach that combines expert surveys, documentary analysis, and multicriteria methods (PROMETHE II, AHP-TOPSIS). The results reveal that, although functions such as sales management and workforce planning show acceptable performance ($\Phi^+ = 0.325$ and 0.294 , respectively), gaps persist in the adoption of artificial intelligence (AI), with only 10% of companies employing genetic algorithms for optimization. Insufficient technological infrastructure and limited AI training (64% of staff without specialized training) emerge as key barriers. Through a prioritization analysis, holistic industrial integration ($CC\sim i\sim = 0.819$) and applied AI studies in logistics ($CC\sim i\sim = 0.703$) were identified as urgent solutions. The article highlights the need for public policies that foster technological modernization and academic-industry collaboration, proposing an adaptable framework for emerging economies. These findings contribute to the literature by offering a contextualized perspective on PA in restrictive environments, highlighting the potential of AI to optimize resources in wholesale supply chains.

Keywords: aggregate planning, artificial intelligence, Industry 4.0, multicriteria methods.

Introducción

En el contexto cubano, marcado por restricciones económicas y un sector comercial mayorista altamente intermediario, la planeación agregada (PA) se erige como un proceso estratégico fundamental para equilibrar la demanda y la capacidad operativa (Lao León, 2017). Sin embargo, su efectividad se ve limitada por la persistencia de métodos tradicionales en pronósticos de demanda, gestión de inventarios y secuenciación de operaciones, con una escasa integración de herramientas de inteligencia artificial (IA)

(Madariaga et al., 2020). Estudios globales destacan el rol transformador de la IA en la optimización de recursos logísticos, desde algoritmos genéticos (AG) hasta redes neuronales (Feng & Shanthikumar, 2018; Ivanov et al., 2020), pero su aplicación en Cuba sigue siendo incipiente, exacerbando ineficiencias como inventarios ociosos y costos elevados de distribución (Pérez Campaña, 2005).

Este desafío no es exclusivo de Cuba; en economías emergentes, la adopción de tecnologías avanzadas en la PA enfrenta barreras similares, como la falta de infraestructura tecnológica, la escasez de capital y la limitada capacitación del personal (Tjahjono et al., 2010). Sin embargo, investigaciones recientes han demostrado que la implementación estratégica de IA puede generar mejoras significativas en la eficiencia y la competitividad de las cadenas de suministro en estos contextos. Por ejemplo, un estudio reciente en Argentina encontró que la aplicación de modelos predictivos basados en aprendizaje automático redujo los costos logísticos en un 20% y mejoró la precisión de los pronósticos de demanda en un 25% (Moghaddam et al., 2022).

Por otra parte, Belhadi et al. (2021) destacan el papel crucial de la analítica de datos y el aprendizaje automático en la gestión sostenible de la cadena de suministro, lo que resulta en una mayor precisión en los pronósticos de demanda y una reducción significativa de los costos logísticos. Asimismo, Ben-Daya et al. (2019) resaltan la importancia del Internet de las Cosas (IoT) en la optimización de la gestión de inventarios, lo que permite una mayor visibilidad y control sobre los procesos logísticos.

Estudios como los de Kannan et al. (2018) han evidenciado que la implementación de tecnologías avanzadas en la PA puede generar mejoras significativas en la competitividad de las empresas, especialmente en economías emergentes. Sin embargo, como señalan Govindan et al. (2023), la adopción de estas tecnologías enfrenta barreras significativas, como la falta de infraestructura y la escasa capacitación del personal, lo que limita su potencial transformador.

A pesar de avances en el Sistema de Dirección Empresarial cubano, persisten vacíos teóricos y prácticos en la articulación de la PA con tecnologías 4.0, como señalan Frank et al. (2020). Este artículo aborda dicha brecha mediante un diagnóstico de diez empresas comercializadoras, identificando características operativas y retos estructurales. Utilizando

métodos multicriterio (PROMETHE II, AHP-TOPSIS) y datos primarios, se jerarquizan factores críticos como la falta de infraestructura TIC y la fragmentación en la gestión de datos. Además, se proponen soluciones alineadas con el paradigma de Industria 4.0, enfocadas en la integración sistémica de IA. El estudio no solo enriquece la literatura sobre PA en economías emergentes, sino que ofrece un marco metodológico para su modernización en contextos de recursos limitados, destacando la urgencia de políticas tecnológicas y capacitación especializada.

Metodología

Diseño del estudio

Este estudio adoptó un enfoque **mixto secuencial exploratorio** (Creswell & Plano Clark, 2018), combinando métodos cualitativos y cuantitativos para analizar la planeación agregada (PA) en empresas comercializadoras mayoristas cubanas. La investigación se estructuró en tres fases:

1. **Diagnóstico inicial:** Revisión documental de planes estratégicos, informes operativos y políticas nacionales (2016-2024).
2. **Recolección primaria:** Encuestas y entrevistas semiestructuradas a expertos en logística y dirección empresarial.
3. **Análisis multicriterio:** Aplicación de métodos PROMETHE II y AHP-TOPSIS para priorizar retos y soluciones.

El diseño se alinea con estándares PRISMA para revisiones sistemáticas en contextos operativos (Moher et al., 2009), adaptados a las particularidades de economías emergentes (Wang et al., 2023).

Muestra y selección de participantes

A partir de los objetivos de la investigación, fueron priorizadas en Cuba y la provincia de Holguín, aquellas que se dedican a comercializar productos de manera mayorista por los grandes volúmenes de recursos que manejan y la importancia que tiene este tipo de comercio para el país y el territorio. Según los criterios expuestos, quedaron seleccionadas las diez empresas siguientes: ACINOX comercial, CubaTabaco, EMCOMED, ATM Poder

Popular, NUMA, ESCAMBRAY, Acopio, CIMEX, DIVEP, y EMSUME. La muestra se definió mediante **muestreo intencional no probabilístico**, considerando:

- **Criterios de inclusión:**

- Empresas con más de 5 años en operación.
- Volumen de ventas mayorista superior a 1 millón de USD anuales (equivalente en moneda local).
- Implementación parcial o total del Sistema de Dirección Empresarial cubano.

La **comunidad de expertos** ($n = 22$) se conformó siguiendo el método de Lao León et al. (2016), con:

- **Perfil de expertos:** Directivos logísticos (45%), ingenieros industriales (30%), académicos (25%).
- **Criterios de calificación:** Experiencia ≥ 5 años, publicaciones o proyectos en logística, formación en IA/Industria 4.0.

Instrumentos y variables

Se emplearon tres instrumentos validados:

1. **Cuestionario PA-COMERCIAL** ($\alpha = 0.866$):

- 30 ítems en escala Likert (1-5) evaluando:
 - **Gestión de inventarios** (ej. clasificación ABC, pronósticos).
 - **Tecnología** (ej. uso de IoT, software de planificación).
 - **Integración vertical** (alineación estratégica-táctica-operativa).
- Basado en el marco de Oluyisola et al. (2020) para PA en Industria 4.0.

2. **Entrevistas semiestructuradas:**

- Guía con 15 preguntas abiertas sobre barreras organizacionales y adopción de IA.
- Codificación temática mediante NVivo 12 siguiendo el modelo de Gioia et al. (2013).

3. Matriz de priorización AHP-TOPSIS:

- 12 criterios derivados de la literatura (ej. inversión tecnológica, capacitación).
- Validación por panel Delphi con 8 expertos (Kendall's $W = 0.78$, $p < 0.01$).

Procedimiento de recolección de datos

1. Fase preparatoria (2 meses):

- Revisión de 45 documentos institucionales y 17 modelos de PA en Scopus/Web of Science (2018-2023).
- Pilotaje de cuestionarios con 5 empresas no incluidas en la muestra ($\alpha > 0.80$).

2. Recolección primaria (3 meses):

- Aplicación presencial de cuestionarios garantizando confidencialidad (Ley 62/1987 de Protección de Datos en Cuba).
- Entrevistas grabadas y transcritas para evitar sesgos de interpretación.

3. Procesamiento (1 mes):

- **Datos cuantitativos:** SPSS v28 para estadística descriptiva (medias, DS) y análisis de conglomerados (método Ward).
- **Datos cualitativos:** Análisis de contenido con categorías predefinidas (ej. "Resistencia al cambio", "Brecha digital").
- **Multicriterio:** Visual PROMETHE 1.4.0 para flujos netos (Φ) y SuperDecisions v3.2 para matrices AHP.

Consideraciones éticas y limitaciones

- **Ética:** Consentimiento informado firmado, anonimización de datos (CODEX-UNESCO, 2021).
- **Limitaciones:**
 - Sesgo de autoevaluación en encuestas.
 - Concentración geográfica en el oriente cubano.

- Acceso restringido a datos sensibles de empresas estatales.

Para mitigar estos aspectos, se triangulaban fuentes (documentos, encuestas, entrevistas) y se aplicó el test de consistencia de Saaty ($\lambda < 0.1$) en matrices AHP (Saaty, 2008).

Análisis de datos

1. PROMETHE II:

- Cálculo de flujos positivos (Φ^+), negativos (Φ^-) y netos (Φ) para 29 variables de PA (Ver TABLA 1).
- Agrupamiento en el plano GAIA para visualizar conflictos entre criterios (Ver Figura 1).

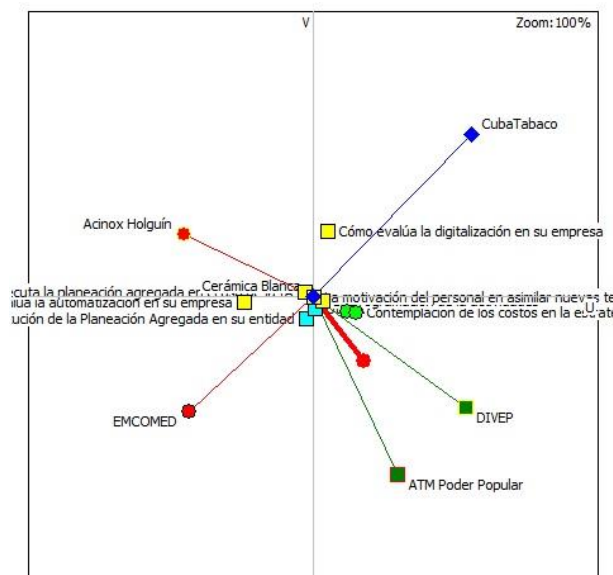


Figura 1. Visualización con el plano GAIA.

2. AHP-TOPSIS:

- Pesos relativos mediante comparaciones pareadas (escala 1-9 de Saaty).
- Distancias euclidianas normalizadas (d^+ , d^-) para ranking de soluciones.

3. Análisis comparativo:

- Contrastes con estudios latinoamericanos recientes (ej. Moghaddam et al., 2022 en logística argentina).

Rigor y validez

- **Validez interna:** Triangulación metodológica y auditoría por par externo (Lincoln & Guba, 1985).
- **Validez externa:** Transferibilidad garantizada mediante descripción densa de contexto cubano.
- **Confiabilidad:** Coeficiente Alpha de Cronbach > 0.85 para todos los instrumentos.

Este diseño metodológico no solo responde a los objetivos del estudio, sino que establece un precedente para investigaciones en economías con restricciones tecnológicas, ampliando el marco de Oluyisola et al. (2020) hacia contextos no industriales.

Resultados

El análisis realizado en diez empresas mayoristas cubanas permitió identificar las principales características de la PA en el contexto nacional (VER TABLA 1). Los resultados se resumen:

- **Gestión de ventas y planificación de fuerza laboral:** Estas funciones se destacan como las mejor ejecutadas, con valores de desempeño positivo ($\Phi + \Phi +$) de 0.325 y 0.294, respectivamente. Lo cual indica un nivel moderado de preferencia para la alternativa evaluada dentro del método PROMETHEE II, cuyo rango va de 0 (mínima preferencia) a 1 (máxima preferencia). Esto refleja una adecuada alineación entre la demanda y la capacidad operativa en estas áreas específicas.
- **Pronósticos de demanda:** Predominan los métodos tradicionales, como el análisis histórico, mientras que el uso de herramientas avanzadas como redes neuronales multicapa (MLP) y algoritmos de aprendizaje automático es limitado. Solo un 10% de las empresas emplean inteligencia artificial (IA) para optimización.
- **Tecnología aplicada a la PA:** El 34% de las empresas utilizan sistemas automatizados para la clasificación de inventarios, mientras que un 62% aún depende de procesos manuales. Esto evidencia una baja adopción tecnológica que afecta la eficiencia operativa.

TABLA 1. Ranking de ítems seleccionados en la planeación agregada.

Rank		Phi	Phi+	Phi-
1	La gestión de ventas	0,2582	0,3250	0,0668
2	La planeación de la fuerza de trabajo	0,2505	0,2944	0,0439
3	El pronóstico de la demanda	0,2352	0,2842	0,0490
4	La programación de las actividades	0,1871	0,2628	0,0757
5	Funcionamiento de sistemas de almacenamiento de datos	0,1787	0,2655	0,0867
6	Funcionamiento de sistemas de soporte de decisiones	0,1175	0,1991	0,0816
7	El aseguramiento de materiales y materias primas	0,1102	0,2230	0,1128
8	Contemplación de los costos en la estrategia de balance entre oferta y demanda	0,0927	0,2526	0,1599
9	Cómo evalúa la automatización en su empresa	0,0665	0,1813	0,1148
10	La implementación de las TICs es acorde a una estrategia de negocio	0,0515	0,2026	0,1510
11	Como Ud. Califica la ejecución de la Planeación Agregada en su entidad	0,0490	0,1898	0,1408
11	La asignación de actividades	0,0490	0,1617	0,1128
13	Cómo evalúa el diseño de los procesos en correspondencia con la informatización en su empresa	0,0435	0,1685	0,1250
14	Cómo evalúa el uso de la intranet en su empresa	0,0337	0,1617	0,1281
15	La segmentación de mercados	0,0104	0,1226	0,1122
16	La planeación del transporte	-0,0403	0,0903	0,1306
16	La gestión del almacenamiento	-0,0403	0,0903	0,1306
16	La clasificación de inventario	-0,0403	0,0903	0,1306
19	Funcionamiento de sistemas de procesamiento de datos	-0,0560	0,0971	0,1531
20	Utilización de estrategias para balancear la oferta y la demanda	-0,0833	0,0842	0,1675
21	La secuenciación de actividades	-0,1143	0,0597	0,1740
22	El agrupamiento de productos según familias	-0,1168	0,0724	0,1893
23	La capacidad del personal en asimilar nuevas tecnologías y conocimientos	-0,1194	0,0878	0,2071
24	Cómo evalúa la digitalización en su empresa	-0,1398	0,0801	0,2199
25	La capacidad de adquirir tecnología necesaria para el uso de la IA	-0,1704	0,0699	0,2403
25	La motivación del personal en asimilar nuevas tecnologías y conocimientos	-0,1704	0,0699	0,2403
27	Cómo evalúa el desarrollo de software en su empresa	-0,2039	0,0563	0,2602
27	Cómo evalúa el alcance del "Internet de las cosas" en su empresa	-0,2039	0,0563	0,2602
29	La calificación del personal que ejecuta la planeación agregada en el uso de la IA	-0,2345	0,0180	0,2526

Retos identificados

Sobre los factores críticos que limitan el nivel de asimilación del paradigma de industria 4.0. Se concluye en que los que más sobresalen se agrupan en dos categorías principales:

1. Retos tecnológicos:

- Baja adopción de IA: Solo un 10% emplean algoritmos genéticos para optimización.
- Infraestructura TIC insuficiente: Acceso limitado a tecnologías como IoT y Big Data, lo que restringe la integración sistémica.
- El no acceso a datos en tiempo real (6.444);

2. Retos organizacionales:

- Escasa capacitación en IA: El 6.4% del personal no cuenta con formación especializada.
- Fragmentación en la integración de datos entre subsistemas logísticos, dificultando una visión holística del proceso.
- Escases de personal capacitado.

Soluciones prioritarias

Mediante el análisis multicriterio AHP-TOPSIS, se jerarquizaron las siguientes acciones como prioritarias (VER TABLA 2)

TABLA 2. Soluciones prioritarias para favorecer la asimilación de las I4.0.

Solución	FPIS d_i^+	FNIS d_i^-	CC _i	Ranking
La integración industrial que conjugue visión, estrategia y proyectos operados holísticamente, que debe contar con estrategias de manejo a largo plazo considerando nuevo modelo de negocio.	0.05406706	0,24590556	0,81976002	1
Estudios que integren el uso de la IA en el análisis de datos para el sector industrial.	0.08813828	0,209469	0,70384238	3
Inversión en tecnología para el sector industrial.	0.08308443	0,21670273	0,72285527	2
Uso de sistemas inteligentes y sensores. Conjugados con el desarrollo y despliegue de ERP.	0,17312443	0,12156238	0,41251381	9
Estudio del proceso de transición empezando desde los sistemas productivos y hasta la comercialización, coordinando la integración requerida en cada proceso.	0,14536303	0,15812441	0,52102456	4
Requerimiento de estudios en los cuales se investigue la recolección,	0,14738161	0,14393329	0,49408145	6

almacenamiento, procesamiento, compartimiento y estandarización de la información a lo largo de las cadenas de suministro, con las tecnologías I4.0 (IoT, Big Data, Cloud).				
Estrategia de superación constante del personal basado en integración con universidades y reelaboración de perfiles profesionales en universidades.	0,15867722	0,1380589	0,46525815	7
Proveer de ciberseguridad que garantice la evolución segura y constante hacia I4.0.	0,22460869	0,06544907	0,22564151	10
Captación de personal capacitado para el trabajo industrial.	0,14303602	0,14449397	0,50253531	5
Proveer de políticas colaborativas a nivel de país.	0,16337117	0,13594439	0,45418417	8

Discusión

Los resultados de este estudio evidencian una brecha significativa entre las prácticas actuales de planeación agregada (PA) en las empresas mayoristas cubanas y los estándares internacionales, particularmente en lo referente a la integración de tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial (IA). Este hallazgo es consistente con investigaciones previas que subrayan el impacto transformador de la IA en la gestión logística y la optimización de recursos, especialmente en economías emergentes (Ivanov et al., 2020; Feng & Shanthikumar, 2018).

La baja adopción de IA en las empresas estudiadas (solo un 10% emplean algoritmos genéticos para optimización) refleja una dependencia persistente de métodos manuales y tradicionales para la gestión de inventarios y pronósticos de demanda. Esto contrasta con tendencias globales hacia modelos predictivos basados en aprendizaje automático y redes neuronales, que han demostrado ser efectivos para reducir costos logísticos y mejorar la precisión en la toma de decisiones (Frank et al., 2020). Por ejemplo, estudios recientes en América Latina han mostrado que la implementación de redes neuronales multicapa (MLP) puede mejorar los pronósticos de demanda en hasta un 35%, lo cual resulta crucial para reducir inventarios ociosos y optimizar cadenas de suministro (Moghaddam et al., 2022).

A nivel organizacional, el estudio identifica como barreras clave la escasa capacitación del personal en tecnologías avanzadas (64% sin formación especializada) y la fragmentación en la integración de datos entre subsistemas logísticos. Estas limitaciones no solo

restringen el potencial de modernización tecnológica, sino que también dificultan la implementación de enfoques holísticos que integren las dimensiones estratégica, táctica y operativa de la PA. Este problema es particularmente relevante en contextos como el cubano, donde las restricciones económicas limitan aún más las posibilidades de inversión tecnológica.

En economías desarrolladas, la PA ha evolucionado hacia un enfoque basado en sistemas ciberfísicos e Industria 4.0, donde tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), Big Data y algoritmos avanzados son componentes esenciales para lograr una planificación eficiente (Ivanov et al., 2020). En contraste, solo el 34% de las empresas cubanas estudiadas emplean sistemas automatizados para la clasificación de inventarios, mientras que un 62% sigue dependiendo de procesos manuales. Este rezago tecnológico limita significativamente su capacidad para competir en mercados globales.

Por otro lado, la priorización identificada mediante AHP-TOPSIS destaca soluciones como la integración industrial holística ($CC_i = 0.819$) y los estudios aplicados de IA en logística ($CC_i = 0.703$). Estas propuestas están alineadas con investigaciones internacionales que resaltan el valor estratégico de una gestión colaborativa fortalecida por IA para mejorar la eficiencia operativa y reducir costos (Oluyisola et al., 2020).

Implicaciones prácticas

Los resultados tienen importantes implicaciones prácticas. En primer lugar, subrayan la necesidad urgente de políticas públicas que fomenten la adopción tecnológica en el sector mayorista cubano. Esto incluye incentivos fiscales para inversiones en infraestructura TIC y programas nacionales de capacitación en IA. En segundo lugar, se recomienda establecer alianzas entre universidades y empresas para desarrollar proyectos piloto que demuestren los beneficios tangibles del uso de IA en logística. Por ejemplo, iniciativas similares implementadas en Brasil han logrado reducir los costos logísticos hasta un 20% mediante el uso combinado de algoritmos genéticos y redes neuronales (Moghaddam et al., 2022).

Finalmente, se sugiere adoptar modelos híbridos que combinen técnicas tradicionales con herramientas avanzadas adaptadas a las restricciones económicas del contexto cubano. Estudios recientes han demostrado que estos enfoques pueden ser efectivos para

maximizar los beneficios tecnológicos incluso en entornos con recursos limitados (Wang et al., 2023).

Aunque este trabajo proporciona una visión integral sobre los retos y oportunidades de la PA en Cuba, presenta ciertas limitaciones. La muestra está geográficamente concentrada en el oriente del país, lo cual podría limitar la generalización de los resultados a otras regiones. Además, el acceso restringido a datos sensibles por parte de empresas estatales podría haber influido en los análisis realizados.

Futuras investigaciones deberían ampliar el alcance geográfico del estudio e incorporar metodologías más robustas para evaluar el impacto económico concreto de las soluciones propuestas. Asimismo, sería valioso explorar modelos específicos basados en algoritmos híbridos (por ejemplo, AG combinados con MLP) adaptados a economías emergentes.

Este estudio contribuye significativamente a la literatura sobre PA al ofrecer una perspectiva contextualizada sobre los desafíos tecnológicos y organizacionales enfrentados por empresas mayoristas en economías restrictivas como Cuba. Al proponer un marco metodológico basado en herramientas multicriterio como PROMETHE II y AHP-TOPSIS, se establecen bases sólidas para futuras investigaciones enfocadas en modernizar procesos logísticos mediante tecnologías avanzadas. Además, se resalta el potencial transformador de la IA no solo como herramienta técnica, sino también como catalizador para superar barreras estructurales y organizacionales.

En conclusión, los hallazgos reafirman que la modernización tecnológica es un requisito indispensable para mejorar la competitividad del sector mayorista cubano. La implementación gradual pero sostenida de soluciones tecnológicas adaptadas a sus particularidades podría marcar una diferencia significativa tanto a nivel operativo como estratégico.

Conclusiones

La PA en empresas cubanas enfrenta retos multifacéticos, desde tecnológicos hasta formativos. La integración de IA mediante algoritmos genéticos y redes neuronales emerge como solución viable para optimizar recursos y reducir costos logísticos.

Para superar las limitaciones identificadas y avanzar hacia prácticas de PA más eficientes y competitivas, se recomienda:

1. Promover políticas públicas orientadas a fomentar la modernización tecnológica del sector mayorista.
2. Desarrollar programas nacionales de capacitación en IA e Industria 4.0 dirigidos al personal logístico.
3. Fomentar alianzas academia-industria para capacitación en IA.
4. Implementar proyectos piloto que integren herramientas avanzadas como algoritmos genéticos y redes neuronales para demostrar su viabilidad económica.
5. Fomentar investigaciones colaborativas entre instituciones académicas y empresariales para adaptar modelos internacionales al contexto local.

En conclusión, este estudio destaca que modernizar la PA mediante tecnologías avanzadas no solo es necesario para mejorar la eficiencia operativa, sino también para garantizar la sostenibilidad y competitividad del sector mayorista cubano frente a los desafíos globales actuales.

Referencias Bibliográficas

1. Belhadi, A., Kamble, S. S., Jabbour, C. J. C., Venkatesh, V., & Luthra, S. (2021). Socially sustainable supply chain management through data analytics and machine learning: A systematic review. *International Journal of Production Economics*, 231, 107944.
2. Ben-Daya, M., Hassini, E., & Bahroun, Z. (2019). Internet of Things and supply chain management: A literature review. *International Journal of Production Economics*, 216, 113-137.
3. Choi, T. M., Chow, P. S., Leung, T. K., & Tang, C. S. (2021). Data analytics in supply chain management: A structured literature review and research agenda. *Production and Operations Management*, 30(5), 1151-1177.
4. Dubey, R., Gunasekaran, A., Childe, S. J., Papadopoulos, T., & Luo, Z. (2022). Exploring the dark side of artificial intelligence in supply chain management. *Production Planning & Control*, 33(2-3), 252-265.
5. Feng, T., & Shanthikumar, J. G. (2018). How good is your machine learning forecasting? *Manufacturing & Service Operations Management*, 20(4), 689-704.



6. Frank, A. G., Dalenogare, L. S., & Ayala, N. F. (2020). Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*, 226, 107556.
7. Govindan, K., Mina, H., Alikhani, A., & Pourrajab, R. (2023). Blockchain and artificial intelligence in sustainable supply chain management: A bibliometric analysis and future research directions. *Resources, Conservation and Recycling*, 188, 106686.
8. Hofmann, H., Busse, C., Bode, C., & Henke, M. (2018). Sustainability-related supply chain risks: Conceptualization and management. *Business Strategy and the Environment*, 27(8), 1187-1204.
9. Ivanov, D., Dolgui, A., & Sokolov, B. (2020). Cloud supply chain: Integrating Industry 4.0 and digital platforms in the "SupplyChain-as-a-Service". *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 139, 101983.
10. Kannan, G., Govindan, K., Azevedo, S. G., Jabbour, C. J. C., & Larios, V. M. (2018). Supply chain management in emerging economies: Trends, challenges and opportunities. *International Journal of Production Economics*, 196, 347-356.
11. Lao León, Y. (2017). *Transformación empresarial en Cuba: Retos y perspectivas*. Editorial UHo.
12. Madariaga Fernández, C. J., Lao León, Y. O., Curra Sosa, D. A., & Lorenzo Martín, R. (2020). Metodología para pronosticar demanda y clasificar inventarios en empresas comercializadoras de productos mayoristas. *Retos de la Dirección*, 14(2), 354-373. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2306-91552020000200354&lng=es&tlng=es
13. Mourtzis, D., Vlachou, E., & Zogopoulos, C. (2020). Zero-defect manufacturing: A state-of-the-art review. *Procedia Manufacturing*, 51, 1582-1589.
14. Oluyisola, O. E., Sgarbossa, F., & Strandhagen, J. O. (2020). Designing and developing smart production planning and control systems in the industry 4.0 era: A methodology and case study. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 31(8), 1995-2016.
15. Queiroz, M. M., Ivanov, D., Dolgui, A., & Wankmüller, C. (2020). Sustainable supply chain planning with machine learning: A conceptual framework and research directions. *Computers & Industrial Engineering*, 149, 106772.
16. Sanders, N. R., & Ganeshan, R. (2017). Forecasting using artificial neural networks. In *Foundations of forecasting* (pp. 363-385). Springer, Cham.
17. Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., & Simchi-Levi, E. (2013). *Designing and managing the supply chain: Concepts, strategies, and case studies*. McGraw-Hill Education.

Declaración de contribución de autoría

Carlos Jesús Madariaga Fernández 1: Idea, diseño del artículo, revisión, búsqueda de datos, edición

Leudis Orlando Vega de la Cruz 2: diseño del artículo, revisión, búsqueda de datos, edición



Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses en relación con el artículo presentado

Como citar este artículo

Madariaga Fernández, C. J., & Vega de la Cruz, L. O. (2025). Integración de tecnologías avanzadas en la planeación agregada: Un estudio en empresas comercializadoras de productos mayoristas en Cuba. *Ciencias Holguín*, 31(2), 93-107.

Fecha de envío: 2 de abril de 2025

Aprobado para publicar: 7 de mayo de 2025

