

LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL, UNA HERRAMIENTA PARA EL ESTUDIO DE LA CADENA DE SUMINISTRO

Figueredo, Francisco¹; García María Carolina²

¹ Departamento de Investigación Operativa. Facultad de Ingeniería.
Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela

² Escuela de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería.
Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela

macgl2001@gmail.com ffigueredo@uc.edu.ve

Resumen: El estudio realizado busca profundizar algunos aspectos relevantes en la inclusión de la Inteligencia artificial en la cadena de suministros para procesar alternativas que proporcionen a empresas la incorporación asertiva de estas alternativas que permitan mejorar la eficiencia en sus procesos de producción. Temas orientados a algunas dimensiones, combinación de algunas herramientas incluidas en la inteligencia artificial y colectiva, su impacto en algunos procesos ha sido de gran interés y ayudaron al desarrollo de un breve análisis de algunos paradigmas dentro del área que para dicha revisión se contemplaron ciertos aspectos de significativa importancia. Con enfoque en temas centrados en un breve estado del arte de algunos ejes principales involucrados en su fundamentación teórica para contextualizar mejor el propósito de la presente recopilación.

Palabras clave: cadenas de suministros, inteligencia artificial, innovación tecnológica.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE, A SMART INSTRUMENT FOR THE CHAIN SUPPLY'S STUDY

Abstract: The following study tries to emphasize some relevant aspects in the insertion and diffusion of artificial intelligence in the supply chain; to process alternatives that will enable firms an assertive inclusion of these alternatives that will improve their manufacturing processes' efficiency. Diverse dimension-oriented aspects, the combination of several tools included in the artificial and collective intelligence, its impact in some process have become very important and have helped in the analysis for some paradigms among the area of expertise for the review that focus in subjects of interest. With this in mind a brief state of the art drawing the bases for the theory and an appropriate contextualization of the topic under discussion.

Keywords: supply chains, artificial intelligence, technologic innovation.

INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial (IA) ha tenido una gran repercusión y visibilidad en los ámbitos empresariales, académicos y divulgativos recientemente. “La IA lleva varios años de desarrollo, su implementación en el día a día de las operaciones de las compañías es uno de los cambios más revolucionarios que están viviendo las organizaciones en décadas”. (Morales y Leporati, 2019). Con esto en mente y partiendo de la premisa que hace referencia a la frase “la industria del internet de las cosas” que tiene que ver con el hecho de que todo está conectado y es capaz de recolectar y compartir la data y como está operando. Los sistemas que procesan esta información la evalúan y van aprendiendo de los resultados procesados. Con estas referencias se confirma que La inteligencia artificial ya empezó a formar parte de lo cotidiano.

Considerando que todo debe estar desglosado rigurosamente a través de herramientas de analíticas de avanzadas como el aprendizaje de las máquinas, con la finalidad de obtener todos los entretelones y detalles de cómo funciona, crucialmente, cómo interactúa con cada una de las partes de una operación.

La data puede recolectarse en un inventario – sus orígenes, rutas de transporte, tiempo cuando se escanea o su ubicación y estatus sean reportado por etiquetas de radio frecuencia (Marr 2017). El análisis se reduce a que simulaciones detalladas se pueden correr, permitiendo implicaciones y los crudos efectos de tardanzas o fechas de entregas fallidas que pueden accersarse antes de que se conviertan en problemas sin resolución, aun cuando no puedan ser totalmente eliminados debido a la dependencia en las influencias externas. Sea cual sea el caso, acciones correctivas

pueden tomarse previas a crearle inconvenientes a los consumidores, aquellos que probablemente aprecien un correo de disculpas cuando un despacho tenga retrasos, en vez de que se dejen esperando hasta obtener su orden.

La evolución de la dinámica laboral ha traído consigo la incesante búsqueda de una mejora en el desempeño de las empresas, en procesos más eficientes aun cuando existe una amplia aceptación de la importancia estratégica de integrar operaciones con suplidores y consumidores en una cadena de suministros. Adicionalmente, poder responder si es más importante enlazarse con los suplidores o los clientes o ambos. De todo esto se sabe muy poco sobre las conexiones entre la integración de suplidores y consumidores, además de mejoras en el desempeño de las operaciones. (Frohlich M.T. y Westbrook R., 2001).

El estudio busca profundizar algunos aspectos relevantes de la inteligencia artificial y sus respectivas herramientas para procesar alternativas que permitan apreciar las ventajas que puede traer a los procesos de producción apoyándose en las capacidades y potencialidades empresariales según sea el caso. El futuro está cada vez más cerca, incrementando astronómicamente en infraestructuras provistas “como un servicio” y plataformas analíticas “prefabricadas”, combinadas con nuevos mercados para la adquisición de data para hacer los procesos más eficientes y más inteligentes. (Marr, 2017).

La literatura actual sobre innovación tecnológica destaca el papel central de la automatización en la transformación de los sistemas productivos. Estudios como los de Brynjolfsson y McAfee (2014) en *The Second Machine Age*, señalan que las máquinas, lejos de ser meras herramientas, optimizan

la eficiencia manufacturera al asumir tareas repetitivas o peligrosas, reduciendo así riesgos laborales (OECD, 2019). Esta dinámica, analizada también por el World Economic Forum (2020) bajo el marco de la Cuarta Revolución Industrial, evidencia cómo la integración de tecnologías inteligentes redefine la interacción humano-máquina, priorizando la seguridad y la productividad; pero al parecer no se aprecia el gran alcance que pueden llegar a tener en buscar los mejores desempeños en el complejo mundo de las empresas y en sus diversas áreas de desarrollo. El Aprendizaje de máquinas, o “machine learning” es precisamente eso, que los procesos de producción sean cada vez más inteligentes, que sean más amigables y por supuesto que sean procesos más eficientes.

Los sistemas de producción modernos buscan optimizar el uso de materiales, reducir tiempos de ciclo y minimizar defectos mediante la integración de tecnologías avanzadas (Kang et al., 2021). Esto incluye la estandarización de procesos de embalaje y logística para agilizar la cadena de suministro (Christopher, 2016). Aunque la creciente complejidad de los objetivos productivos puede incrementar los requisitos operativos, frameworks como Smart Manufacturing de NIST (2020) demuestran que las redes de producción interconectadas —basadas en IoT y análisis de datos en tiempo real— permiten una gestión ágil y adaptable bajo principios de Industry 4.0 (Liao et al., 2017). Estas redes operan bajo demanda (pull systems), garantizando flujos sincronizados que responden a necesidades específicas de ubicación, tiempo y cantidad (Womack & Jones, 2003).

METODOLOGÍA

Este artículo presenta una investigación documental apoyada en información

divulgada por medios impresos y electrónicos (revistas, libros y otros trabajos de investigación) sobre el uso de la inteligencia artificial en la solución de problemas en la cadena de suministro; que fueron presentados por diversos investigadores con el propósito de profundizar en los conceptos y procedimientos sobre el tema. La técnica empleada para la recolección de la información fue la de análisis de contenido, utilizada para obtener la información de las fuentes secundarias, para ello se realizan citas, resúmenes y análisis de documentos relacionados con la investigación desarrollada.

GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO

El proceso de gestión, dentro de una organización, se basa en el ciclo de planear las metas que se deben alcanzar, realizar las estrategias necesarias para lograr los objetivos, medir los resultados obtenidos, y actuar de acuerdo con los resultados, orientándose hacia la mejora del sistema. Considerando ello, se puede indicar que, en la cadena de suministro, este proceso se representa como la planificación, organización y control de todos los flujos involucrados dentro de la estructura manejada por la cadena de abastecimiento, con el propósito de entregar al cliente el producto en el lugar, tiempo y cantidad requerida considerando la disminución de los costos incurridos para ello. (Santamaría, 2012).

La gestión de la cadena de abastecimiento tiene como objetivo la optimización de dicha cadena; buscando aumentar el nivel de servicio, disminuir los niveles de inventario sin poner en riesgo su operatividad e implementar estrategias que le permitan mejorar la administración de los procesos,

los tiempos de ciclo desde que el cliente coloca un pedido hasta que le llega (Chopra y Meindl, 2022). A nivel de procesos logísticos que conforman la cadena de abastecimiento se pueden encontrar los siguientes:

- Pronóstico de la Demanda: constituye el consenso entre lo que el área comercial, considerado las relaciones con los clientes, va a vender y las estadísticas del área operacional sobre el comportamiento de la demanda (Hanke & Wichern, 2014).
- Planeación de Ventas y Operaciones: son los acuerdos a que llegan el área comercial y operacional sobre los productos a realizar con base en las cantidades, a entregar a los clientes.
- Compromisos con Clientes: se centra en el cumplimiento de los acuerdos con los clientes, en relación a que productos se entregarán, lugar, cantidad y fecha (Thomas F. Wallace & Robert A. Stahl, 2018 y Christopher, 2016).

Estos procesos se coordinan por área funcional, pero todos son coordinados por la Gerencia de abastecimiento. Desglosando cada proceso logístico se pueden distinguir las siguientes tareas funcionales (Chopra y Meindl, 2020):

- Pronóstico de demanda: análisis de la demanda
- Producción: qué, cuándo y cuánto producir.
- Almacenamiento: cuáles deben ser los niveles óptimos de inventario, tanto de materia prima como de producto terminado. Dónde estarán localizados los equipos y los almacenes de materia prima y de producto.
- Transporte: qué cantidad de producto debe ser movido y hacia qué localidad.

- Información: velar por el flujo constante de información. Ya que este servirá para tomar las decisiones necesarias en el proceso. Este es un flujo que se encuentra a nivel de la organización, pero que debe fluir por cada área estructurada.

Cada área representa procesos, los cuales se unirán mediante el flujo de información, para cada uno de ellos se puede distinguir lo siguiente:

Pronóstico de la demanda: es el inicio de los procesos, éste representa el consenso de lo que se estima será vendido en el futuro, (Mena, Lario y Vicens, 2006), por medio del pronóstico de la demanda se pueden estimar los costos asociados a la producción y la materia prima, realizando por medio de ello las estimaciones de los precios de venta. El pronóstico de la demanda es la base para la planificación de la capacidad de producción; por ende, la determinación de materiales necesarios y estimación de inventarios tanto de materiales como de producto terminado. Una estimación precisa de la demanda es importante para la eficaz gerencia de la cadena de abastecimiento debido, al impacto que esta genera en los niveles de inventarios tanto de materiales como de productos terminados, a los proveedores, al transporte, entre otros (Stapleton, Hanna y Ross, 2006).

Producción: el sistema productivo se caracteriza por el proceso de transformación de los materiales en producto terminado. En este se encuentran reflejados las responsabilidades de la planificación de la producción, y el control de la producción. Para Ibarra, Sarache y Suárez (2004), el sistema de producción constituye un factor importante en las organizaciones para poder responder adecuadamente a las necesidades y exigencias de los clientes, para lo cual se requiere formular, diseñar y poner en práctica estrategias que ayuden a

alcanzar los objetivos; los cuales se enfocan a la obtención de la producción al más bajo costo y con el menor consumo de materiales, ayudando a la obtención de beneficios y la satisfacción del cliente. Los sistemas de planeación y control de la producción/operaciones, están formados por un conjunto de niveles estructurados (jerárquicamente) de planificación que contemplan tanto los planes agregados, los planes maestros, la gestión de materiales, así como, los niveles de ejecución o gestión de taller, referido a la planeación de la producción.

Almacenamiento: representada por la gestión de los almacenes, los mismos pueden estar separados como almacenes de materiales necesarios para la producción y el mantenimiento del aparato productivo y los almacenes de producto terminado, listo para distribuir a los clientes. Esta área funcional gestiona los inventarios necesarios para mantener la continuidad de los procesos dentro de la cadena de abastecimiento; sin embargo, el mantener inventarios genera costos asociados a su manejo y almacenamiento, por lo que la administración de almacenes tiene como principales objetivos: minimizar la inversión y mantener los niveles óptimos de inventarios requeridos (Santamaría, 2012).

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

El futuro ya está aquí, el aprendizaje de máquinas o “learning machine” está creciendo a velocidades extraordinarias considerando infraestructuras “a la carta” o personalizadas; suministradas de acuerdo a “como un servicio” y en plataformas analíticas pre fabricadas, incluyendo nuevos mercados para la adquisición de la data externa, que abrirán operaciones a pequeñas escalas (Marr,2017). En este

particular, se puede interpretar que todas las organizaciones tienen la necesidad y más que eso, la obligación de innovar para mantenerse a la vanguardia del mercado. Muy aparte de ello, el considerar qué presupuesto está disponible para sus analistas; que cada vez más se han ido convirtiendo en un factor decisivo entre los que pueden apalancar y los que no esta tecnología innovadora e influyente en cambios en los procesos de producción.

En un entorno tan dinámico y complejo como el que se tienen hoy en día, se entiende que la innovación es un factor clave para que las empresas creen valor con una ventaja competitiva y que a su vez la empresa sea competitiva, de acuerdo a lo que Barba-Aragón (2014) y Wright, Dunford y Snell (2001), comparten. Especialmente, a sabiendas de que existe un gran interés por saber cuánto incrementa las posibilidades de supervivencia de la empresa. Además de aquellos estudios realizados al respecto evidencian cuánto la innovación influye de forma positiva en los resultados empresariales para lo cual Beugelsdijk (2008), confirma que usar la teoría de creatividad como un dispositivo le permitió desarrollar en sus estudios hipótesis sobre la relación entre prácticas estratégicas de recursos humanos y la capacidad de generar innovación en su producto. En lo que respecta a las innovaciones radicales, sus resultados señalan la importancia de la autonomía en tareas y horario de trabajo flexible.

El ser innovadores también tiene que ver en la tecnología que se usa o se adapta a los procesos de producción, máquinas y equipos con tecnología de vanguardia. Esta combinación hace mucho más interesante el estudio de Tecnologías de Manufactura Avanzadas (AMTs) y sus relaciones con las estrategias de negocio que actualmente

recibe mucha atención en cuanto a escolaridad y formación. (Kotha y Swamidass, 2000).

A parte de ello, se sabe que las AMT, especialmente las que soportan la transformación técnica en las organizaciones, que son determinantes para estrategias y viceversa. Evidentemente, la búsqueda incesante e implacable de lograr procesos excepcionales y eficientes han obligado a las empresas a incursionar en las bondades y ventajas que trae la tecnología.

Desde la inclusión de las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC) hasta el diseño de modelos. Las TIC podrían considerarse como una herramienta que consigue elevar la eficiencia interna que se pretende lograr con Producción Lean, además de ser un instrumento válido para incrementar la eficiencia externa, teniendo en cuenta que es lo que se pretende al lograr objetivos utilizando menor cantidad de recursos.

Cao y Zhang (2012), sostienen que en investigaciones previas los antecedentes o condiciones que dirigen o afectan la colaboración tecnológica en la cadena de suministro, se han centrado en la capacidad de las tecnologías de información (TI) y el uso de sistemas interorganizacionales (SIO) para ser empresas exitosas. Sin embargo, lamentablemente simplifican o ignoran su contexto. El uso de las capacidades de TI y SIO son necesarias para que la colaboración con la cadena de suministro sea exitosa. Adicionalmente, tienen que tomarse en consideración la cultura organizacional y la confianza dentro de la organización. La mayoría de las colaboraciones en la cadena de suministro fracasan debido a la compatibilidad de la cultura corporativa, desconfianza y otras complejidades involucradas.

La inversión en TICs es un factor importante para optimizar los procesos internos de las empresas (Kotha y Swamidass, 2000) y los procesos entre empresas mediante la integración electrónica de la cadena de suministro (Ranganathan et al., 2004). Por otra parte, Manthou, Vlachopoulou y Folinas (2003) sostienen que en una red virtual, las compañías independientes trabajan en conjunto bajo los lineamientos de valores compartidos y metas comunes. Principalmente, el de hacer negocios para explotar conjuntamente una extraordinaria oportunidad de negocios en particular.

Es válido agregar que, para cada modelo de negocios de cada participante o empresa involucrada, se va especificando cada aspecto en el cual se hacen más fuertes para que el resultado sea la integración de la participación en conjunto de cada una de las partes. Entre los aspectos más relevantes se cuenta su coordinación tanto organizacional como técnica, incluyendo el criterio apropiado para acuerdos entre ellos que permitan resolver problemas de combinación de las diversas competencias de las partes involucradas. Un modelo de cadena virtual que incluya una estructura de colaboración de una cadena de suministro en un entorno virtual.

Hoy en día en un mercado tan competitivo, la eficiencia en la cadena de suministros es esencial. Gozar de un buen manejo del inventario, selección, empaque y despacho se consideran importantes aspectos tanto intensos como demandantes de recursos. Dichos procesos han tenido un impacto dramático en las bases fundamentales del negocio. El detalle con estos procesos tan complejos es cuando se llevan operaciones a gran escala que cubren múltiples distribuidores y territorios. El hecho que más resalta es que depende frecuentemente en

las fuerzas externas, mejor conocidos como los proveedores, los prestadores de servicios e incluso hasta el clima, lo cual hace el querer hacerlo bien aún más difícil (Marr, 2017; Cao y Zhang, 2012).

A medida que la tecnología va ganando grandes y mayores espacios, estas empresas han ido adoptando el Big Data impulsados por tecnología analítica en sus procesos, adaptando este término que ya tiene tiempo dando vueltas en el entorno.

Aun cuando es un término que trae consigo algo de confusión, es un concepto que ha venido evolucionando y está bajo consideración. Es una gran fuerza detrás la gran marea de transformación, incluyendo inteligencia artificial, ciencia de datos y el internet de las cosas. Con esto en mente, se trae de nuevo el concepto bajo la perspectiva de Marr (2017) quien afirma que, “el término Big Data se refiere a la colección de toda la data y nuestra habilidad de usarla para nuestro beneficio a lo largo de un rango de áreas, incluyendo negocios”.

La inteligencia artificial (IA) de acuerdo con Rich y Knight (1994) y Arroyo (2004) “es el estudio de cómo lograr que las computadoras realicen tareas que, por el momento, los humanos hacen mejor” Entre las aplicaciones de la IA que se adecúan a esta revisión se incluyen los Sistemas Expertos para resolver problemas que normalmente los solucionan por expertos humanos y los Softwares Adaptativos aquellos que de manera automática se adaptan a los cambios en las necesidades de usuario, en sus objetivos y/o su entorno Arroyo (2004). Las metaheurísticas han contribuido al diseño de organizaciones más inteligentes y han sido empleadas con gran interés a los fines de solucionar el problema básico de la distribución de los productos incluyendo mejoras significativas en los

estantes de supermercados, como lo propusieron, Lim, Rodrigues y Zhang (2004). La inteligencia colectiva, se destacan los estudios que han intentado ubicar en mejor perspectiva, la forma como las organizaciones humanas inteligentes pueden ser estructuradas y administradas de manera más efectiva.

Los estudios de este tipo han considerado cuatro nuevas perspectivas: la filosofía de Gerencia, la teoría organizacional, la forma de organización y la estrategia de gerencia (Liang, 2004), sumándose la posibilidad del “governance”, cómo esta teoría reconoce el comportamiento intrigante de sistemas adaptativos complejos. Desarrollando en ella una tipología de estos sistemas basados en las capacidades adaptativas investigando la diversidad de combinaciones de sistemas de dominio en diferentes niveles de adaptación o sus limitaciones de capacidades de dominar estos sistemas adaptativos complejos. Así que se puede decir que el término “governance” de acuerdo con Duit y Galaz (2008) forma superior de gerencia, en la empresa bajo condiciones sociales de escasez, adversidad e incertidumbre.

Con el vertiginoso avance y repunte tecnológico a nivel de empresas, los modelos de cadenas de suministro virtuales se hacen más y más importantes. Modelos que presentan una estructura de colaboración tecnológica en un entorno virtual, se desarrollan para la clasificación de los roles de las partes involucradas, identificar las capacidades claves que permitan estructurar cada relación de colaboración y evalúe la capacidad de respuesta en dicha colaboración es de gran relevancia en estos diseños. (Manthou, Vlachopoulou y Folinas, 2004).

Hoy por hoy la tecnología sigue avanzando y ahora aparece el concepto de Aprendizaje

Profundo o “Deep Learning”; que de acuerdo a Math Works (2017) se entiende como un tipo de aprendizaje de máquinas en el cual un modelo puede aprender a realizar tareas de clasificación directamente a partir de imágenes, textos o sonidos. Adicionalmente, se implementa generalmente en la arquitectura de redes neuronales. El término “Profundo” se centra en la cantidad de capas que tenga dicha red; al incrementarse el número de capas, más profunda será la red. Se hable de redes neuronales tradicionales aquellas compuestas por un promedio entre 2 y 3 capas.

Por otro lado, para las redes profundas son cientos de capas. Considerando que el aprendizaje de máquinas o aprendizaje automático se centra en la capacidad de las computadoras en aprender a partir de data sin que esté programada explícitamente (Samuel, 1959). Con esto en mente, se contrastan estos dos términos resultando que para el Aprendizaje de Máquinas o Automático se tiene que se obtienen más resultados con pequeños sets de data. Mayor rapidez para entrenar el modelo. Necesidad de probar distintas bondades y clasificadores para archivar los mejores resultados. Mesetas de exactitud, por una parte. En lo que respecta al Aprendizaje Profundo Requiere sets de data muy grandes, intensos computacionalmente, Aprenden las características y clasificadores automáticamente y Exactitud ilimitada por otra.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En los últimos 20 años, la revisión, interpretación y análisis de la literatura producida en referencia de la inteligencia artificial, la inteligencia colectiva y otras áreas como la metaheurística en el mercado, que han estado disponible principalmente en

inglés ha ayudado a conformar un bosquejo del estado del arte basándose en algunas características relevantes. En tal sentido, la integración entre los sistemas de operación y gestión de las empresas se ha convertido en uno de los puntos focales en los cuales se centran la comunidad de investigación y las empresas proveedoras de tecnología de información. Considerada esta área como un problema complejo, dada la diversidad en las características de las aplicaciones y sistemas presentes en las empresas, delimitando con ello su operatividad interna. Con esto en mente y con la intención de nutrir más el artículo se incluyen algunos casos de interés, entre los cuales se mencionan:

Moyano, Martínez, Maqueira y Bruque (2012), en su estudio analizaron las relaciones existentes entre las Tecnologías de Información y las Comunicaciones (TIC), la implantación de Producción Lean y la integración electrónica de la cadena de suministro. Para el análisis de estas relaciones, los autores estudiaron el efecto de dos grupos diferentes de tecnologías: las TIC intraorganizativas o internas y las TIC interorganizativas o externas. Los resultados obtenidos procedentes de una muestra de 84 proveedores de primer nivel de la industria automotriz española que demuestran que existe un mayor efecto de las TIC internas sobre la implantación de Producción Lean y de las TIC externas respecto a la integración electrónica de la cadena de suministro. De igual manera, se considera que la relación entre TIC internas y la implantación de Producción Lean es más enérgica cuando la presencia de TIC externas es controlada.

En este caso, también se observó una relación negativa entre TIC externas y implantación de Producción Lean. Los resultados demostraron que las TIC internas no influyen en la integración electrónica con

los proveedores. Finalmente, se desglosan dos aspectos importantes, por un lado, que lo interno tiene más relación con lo interno que con lo externo. Esto es, el grado de implantación de Producción Lean está asociado positivamente con el grado de uso de herramientas internas de la empresa (TIC internas). Por otro lado, lo «electrónico» (TIC internas, TIC externas e integración electrónica con proveedores) presenta más relación entre sí que con el uso de prácticas «no electrónicas» en el nivel de implantación de Producción Lean.

Zhang y Dhaliwal (2008), realizaron una investigación partiendo de una serie de investigaciones inadecuadas hasta la fecha, que examinan en profundidad a los procesos en los cuales las empresas adoptan tecnología para operaciones y la gestión de la cadena de suministro o factores críticos que puedan influir en el valor operacional que ganan las empresas a través de la gestión de cadena de suministro que tienen la tecnología de información incluida en sus procesos. Explorando estas inquietudes puede contribuir al conocimiento en el campo de la gerencia de operaciones: Cómo las empresas pueden emplear sus habilidades en Tecnología de información (TI) para la gestión de operaciones y cadenas de suministros, el impacto de competitividad en entornos institucionales con estrategias operacionales basadas en TI. La relación entre aquellas cadenas de suministro que incluyen TI en sus prácticas y el desempeño en operaciones. El estudio refiere también a aquellos factores que intervienen en los casos de empresas chinas que incluyen las TI en las operaciones de la cadena de suministro, sin pasar por alto los beneficios logrados a partir de integraciones de las perspectivas basadas en recursos o teóricas e institucionales.

Bravo, Aguilar, Ríos, Aguilar, y Rivas (2007), Desarrollaron una investigación donde se propone una arquitectura de referencia para la integración de empresas de producción industrial basada en inteligencia artificial distribuida. Este tipo de arquitectura afronta este tipo de empresas, proponiendo una alternativa para la operabilidad interna de sus componentes y la supervisión de sus operaciones con una visibilidad global de los procesos de la empresa. La arquitectura propuesta en su estudio contempla tres capas: una capa de integración en la cual se establecen mecanismos de acceso a las fuentes de datos y aplicaciones de la empresa, un modelo de datos donde se describen los objetos de negocio de la empresa finalmente y una capa de gestión, en la cual, a través de sistemas multivalentes, ejecutando y supervisando los procesos de negocio.

La integración de los diversos sistemas de las empresas de Producción debe pasar por la definición de una arquitectura de la empresa, en donde estén bien definidos los objetivos y procesos de negocios que la componen y los mecanismos de supervisión sobre los mismos. Para su trabajo se ha presentado una arquitectura de referencia basada en inteligencia artificial Distribuida, planteando tres capas: una capa de integración, un modelo de datos y otra de gestión. El propósito de la definición de esta arquitectura es la base para la construcción de una meta capa de integración que permita la operatividad interna entre los diversos sistemas de la empresa y el establecimiento de mecanismos de supervisión con una visibilidad total sobre sus procesos.

Los resultados alcanzados sugirieron que la asimilación interna y la difusión externa de las tecnologías web afectan significativamente los beneficios generados por la gestión de la cadena de suministro.

Entre los factores que tienen mayor influencia para las empresas resaltaron los del entorno contemplando la interdependencia de los proveedores y la intensidad de la tecnología de información para lograr una eficiente difusión externa. En lo que respecta a los factores organizacionales, los que resaltan son la centralización y la formalización de la unidad de estructural de las tecnologías de información y los altos niveles gerenciales de conocimiento de tecnología de información, siendo estos los conductores de asimilación de tecnología web en las funciones de gestión de la cadena de suministro. Su modelo utilizó un programa bastante sencillo dado a que no requiere conocer programación por parte de los usuarios que representa una ventaja a la hora de tener que tomar decisiones.

Vera y Bustamante (2007), en su estudio compararon los métodos de pronósticos tradicional (Regresión lineal y ARIMA con su peculiar enfoque en los errores propios a cada método y el no tradicional mediante el uso de máquinas de aprendizaje o aprendizaje automático particularmente de la redes neuronales han venido tomando espacios importantes debido a las creciente complejidad del entorno que encaran las organizaciones hoy en día y también la creciente masificación del uso de las computadoras personales acompañadas de otras herramientas de desarrollo cada vez más versátiles con el objeto de pronosticar las ventas que en esencia es un insumo importante para la cadena de suministros. La construcción de un modelo dinámico para el pronóstico utilizando estas máquinas de aprendizaje permite soluciones alternativas con mejores niveles de incertidumbre con una mayor precisión, aspectos que no eran posibles con los métodos convencionales. Los autores lograron generar un modelo dinámico para realizar pronósticos cuyo margen de error es menor al obtenido por los

métodos tradicionales. Afirmando con este logro que el uso de las redes neuronales artificiales aporta opciones de solución más eficientes y seguras que dichos métodos.

Kotha y Swamidass, (2000) desarrollaron un estudio donde investigaron las complejas relaciones entre estrategias, tecnología de manufactura avanzada (AMT) y desempeño empleado resultados obtenidos de encuestar 160 empresas Estadounidenses de Manufactura. En contraste con estudios anteriores que enfatizan solo la flexibilidad de dimensión de AMT, adoptando un punto de vista multidimensional destacando la capacidad del procesamiento de la información inherentes a las AMTs.

El estudio encontró apoyo en cuatro dimensiones de AMT: Intercambio de Información y Tecnología de Planificación (IEPT), Tecnología de Diseño de Producto (PDT), Tecnología de Automatización de Bajo Volumen (LVFAT), y Tecnología de Automatización de Alto Volumen (HVAT). De este estudio, sus resultados indican un soporte empírico para la mayor premisa en la cual se plantea un acople entre cierta estrategia – Dimensiones AMT que se asociarían a un desempeño superior. Posteriormente, la discusión sobre los hallazgos del estudio las implicaciones de estos hallazgos y sugieren varias vías para futuras investigaciones.

Icarte (2016) muestra una investigación donde analiza 524 artículos publicados que tienen que ver con estudios de cadenas de suministro analizadas con inteligencia artificial desde el año 2009 hasta el 2014, en este análisis se muestra que en los primeros cuatro años del estudio la cantidad de publicaciones en este ramo se mantienen aproximadamente en 100, sin embargo, tienen una caída para el año 2014 de 48 publicaciones. También explica que la

técnica de inteligencia artificial más usada es la de los algoritmos genéticos con un total de 262 publicaciones, es decir 50% de las publicaciones analizan esta técnica. Con respecto a la parte de la cadena de suministro abordada por preferencia es el despacho con un 33,33% de las publicaciones de algoritmos genéticos exclusivamente en esta área, aunque las partes de planificación y abastecimiento no están lejos con un 22% de las publicaciones cada tema.

Por otro lado, el país con mayor número de publicaciones en esos cinco años es China con 32 publicaciones, seguida de Estados Unidos con 22 publicaciones, es decir, estos son los países que están analizando el uso de esta técnica en el área de cadena de suministro.

Para finalizar, Baryannis G., Validi S. et al (2019) presentaron un estudio para conducir una revisión comprehensiva de investigaciones relacionadas con la Gestión de Riesgo en la Cadena de Suministros que involucren metodologías de Inteligencia Artificial, a los fines de lograr sus metas. Esencialmente brindando respuestas a la interrogante: ¿Hasta qué punto las investigaciones en el campo de la Gestión de Riesgo en la Cadena de Suministro han explotado las capacidades de IA, tales como la predicción de la toma de decisiones, aprendizaje y la habilidad de lidiar con entornos complejos e inciertos?

Después de varias revisiones realizadas a la literatura disponible recientemente, a conocimiento de los autores más destacados no se han visto intentos de ver esta Literatura de Gestión de Riesgo de la Cadena de Suministro (GRCS) bajo la lupa de la IA para dejar al descubierto cuales han explotado el potencial de las técnicas de IA.

En este contexto, la contribución central de este estudio es un análisis de la literatura de GRCS, en términos de las capacidades relacionadas con IA; principalmente la toma de decisión, predicción y aprendizaje. A tal fin, la investigación estuvo orientada a las diversas definiciones y clasificaciones de Riesgo de la Cadena de Suministro y otras nociones como la incertidumbre. Luego se presentó un mapeo para categorizar la literatura existente acorde a las metodologías utilizadas, abarcando desde programación matemática hasta aprendizaje de máquinas, analíticas de Big Data y tareas específicas de GRCS que abordan identificación, escrutinio o respuesta.

El análisis de cada categoría identificó aspectos ausentes, áreas inexploradas y se propone direcciones para futuras investigaciones. Éstas convergen en algo evidente a lo largo del estudio, el hecho que diferentes técnicas de IA tienen un grado variable de aplicabilidad a distintas fases de GRCS, dado a que poseen diferentes juegos de capacidades como la programación matemática. Los abordajes han sido exitosos evadiendo riesgos y aliviando fallas; pero son incapaces de toma de decisiones automatizadas, aprendizaje y manejo de gran cantidad de data, GRCS y IA. Los sistemas Multiagentes combinados con el razonamiento en largas cantidades de data, pueden utilizarse como base para un sistema de soporte GRCS. La analítica de Big Data puede también probar beneficiosa a GRCS, aún si la adopción de IA sea relativamente baja.

CONCLUSIONES

Reflexionando luego de haber leído la literatura consultada y luego de contrastar los aportes de estas investigaciones se llegan a las siguientes afirmaciones:

Las herramientas que provee la inteligencia artificial permiten dar soluciones para casi todas las problemáticas que caracterizan al ser humano como seres inteligentes.

Aun cuando todavía hay un largo camino que recorrer existen muchas tareas que ya son más fáciles y más seguras de realizar, pero ahora se ejecutan de manera más eficientes. En cuanto al estudio de la Inteligencia bien se Artificial o Colectiva en redes pueden presentarse una serie de paradigmas en diversas áreas de acción especialmente en la gerencia de las empresas.

Dentro de las tecnologías que se fundamentan en la información y la comunicación, el tema de la confianza demanda atención entre las empresas de la red; especialmente, cuando se debe compartir información valiosa. Ahora las especies inteligentes requieren de un liderazgo más maduro y evolucionado; ya que en las redes de colaboración y en particular las de las Cadenas de Suministros no existe un solo líder debido a que todos sus miembros están en capacidad de actuar asertivamente hacia una meta común que beneficie a todas las partes involucradas.

Cabe destacar que, varios estudios han demostrado la ventaja que da utilizar la inteligencia colectiva en la búsqueda para la optimización de procesos internos de las empresas. También se deben considerar las posibilidades basadas en el enfoque multiagente para optimizar la toma de decisiones en redes de cualquier tipo y en cadenas de suministro.

Las redes sugieren relaciones y flujos entre los diferentes agentes interdependientes y autoorganizados. En una red inteligente múltiples interacciones ocurren entre empresas y se tiene una retroalimentación permanente bien sea positiva o negativa.

Bajo esta perspectiva, utilizando las herramientas de la inteligencia artificial y colectiva se reconocen potencialidades para el análisis de relaciones, interacciones de una red empresarial con su entorno.

Las redes neuronales como herramientas de inteligencia artificial presentan además innumerables ventajas que aún no han sido exploradas en todo su esplendor y abanico de aplicación, pero si se ha logrado acertar que van aprendiendo de los procesos a medida que éstos van evolucionando.

En las tecnologías de manufactura avanzadas se promueven la adaptación o acople de la estrategia apropiada con la dimensión necesaria que permita que sistemas expertos o el software adaptativo aprendan de esta combinación para hacer que el proceso sea más eficiente.

Para la avasallante evolución que ha dado la tecnología, específicamente en la inclusión de las herramientas de inteligencia artificial en las cadenas de suministros. Se ha podido demostrar en los últimos 20 años lo que han dejado en el aprendizaje organizacional y en el de los procesos mismos, además de cómo se han ido adaptando a los cambios propios de estos procesos (en su propio aprendizaje).

Se observa cada vez más, una mayor amigabilidad en los de procesos de producción en la inmediatez de atención y respuesta de los elementos involucrados en dichas cadenas y en la adaptabilidad de estos elementos protagónicos que en definitiva hacen de los procesos más eficientes y satisfactorios a los ojos de sus clientes inmediatos.

Son muchas las investigaciones de este tipo en los últimos años, aunque han tenido una baja demostrando que la inteligencia artificial

no es la técnica favorita de los investigadores para el estudio de la cadena de suministro, sin embargo, países como China y Estados Unidos son las principales fuentes de investigación en estas temáticas.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Arroyo M., D (2004). Aplicaciones Prácticas de Inteligencia Artificial. [Doc Pdf] <http://www.davidam.com/docu/aplic-ia/aplic-ia.pdf>

Barba – Aragón M.I., (2014). La habilidad de los directivos y su papel mediador entre formación e innovación. *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*. 23(2014) 127-136.

Baryannis G. Validi S., Danib S. and Antoniou G. (2019). Supply chain risk management and artificial intelligence: state of the art and future research directions. *International Journal of Production Research*, Vol. 57, No. 7, 2179–2202. Recuperado de: <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1530476>

Beugelsdijk Sjoerd (2008). Strategic Human Resource Practices and Product Innovation. *Organization Studies*. Volume: 29 issue: 6, page(s): 821-847. Recuperado de: <https://doi.org/10.1177/0170840608090530>

Bravo B., C., Aguilar C, J., Ríos B., A., Aguilar M., J y Rivas E., F. (2007). Arquitectura de referencia para integración en empresas de producción industrial basada en la inteligencia artificial distribuida. *Gerencia Tecnológica Informática*. Vol. 6 Núm. 15. 13-25.

Brynjolfsson, E. y McAfee, A. (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress, and*

Prosperity in a Time of Brilliant Technologies. W.W. Norton & Company.

Cao, Mei y Zhang, Qingyu (2013). *Antecedents of Supply Collaboration*. Supply Chain collaboration. [ebook] Pp-31-54.

Chopra, S y Meindl, P. (2022) *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation* (7° edición). McGraw-Hill

Christopher, M. (2016). *Logistics & Supply Chain Management*. Pearson.

Duit, A y Galaz (2008). Governance and Complexity- Emerging issues for governance theory. *Governance International Journal of Policy, Administration and Institutions*.

Frohlich, M.T. & Westbrook, R., (2001). Arcs of Integration: An International Study of Supply Chain Strategies. *Journal of Operations Management*. 19: p.185-200.

Hanke y Wichern (2014). *Business Forecasting* (9ª edición). Pearson.

Icarte, A. (2016). Aplicaciones de inteligencia artificial en procesos de cadenas de suministros: una revisión sistemática. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*: Vol 24, N° 4, pp. 663-679.

Kang, H.S. et al. (2021). "Smart Manufacturing: Past Research, Present Findings, and Future Directions". *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*.

Kotha, S., Swamidass, P.M., (2000). Strategy, advanced manufacturing technology and performance: empirical evidence from US manufacturing firms. *Journal of Operations Management* 18 (3), 257–277.

- Lim, A., Rodrigues, B. y Zhang, X. (2004). Metaheuristics with Local Search Techniques for Retail Shelf-Space Optimization. *Management Science*. Volumen 50, issue 1. <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/40344>
- Liang, Thow Y. (2004). Intelligence strategy: the evolutionary and co-evolutionary dynamics of intelligent human organization and their interacting agents. *Human Systems Management*. Vol. 23, no 2, pp.137-149. 2004.
- Manthou, V., Vlachopoulou, M., Folinas, D., (2004). Virtual e-chain (VeC) model for supply chain collaboration. *International Journal of Production Economics*. 87 (3), 241–250.
- Marr, Bernard (2017). Predictive Analytics and Machine Learning AI in The Retail Supply Chain. *Forbes*.
- Marr, Bernard (2017). What is Big Data? A super simple explanation for everyone. Página Web. Web & SEO by 123 Internet Group.
- MathWorks (2017). Introduction to Deep Learning with MATLAB. [ebook.pdf].
- Mena, N., Lario, F. y Vicens, E. (2006). Planeación de la demanda en la gestión de la cadena de suministro con redes neuronales y lógica difusa. *Memorias del X Congreso de Ingeniería de Organización*, Valencia, España.
- Morales C., Manuel F. y Leporati, Juan M. (2019): Inteligencia artificial en la gestión de cadenas de suministro. HARVARD DEUSTO MANAGEMENT & INNOVATION. EDITA Planeta DeAgostini Formación, S.L. NÚMERO 18 SEPTIEMBRE 2019. 6-13. ISSN DIGITAL:2604-1014. España. URI. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/11531/40344>
- Moyano F., J.; Martínez J., P. J.; Maqueira M., J.M. y Bruque C., S. (2012). El papel de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) en la búsqueda de la eficiencia: un análisis desde Lean Production y la integración electrónica de la cadena de suministro. *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa* 15 (2012) 105–116.
- NIST (2020). "Smart Manufacturing Systems Design and Analysis". National Institute of Standards and Technology.
- OECD (2019). "The Future of Work: OECD Employment Outlook"
- Ranganathan, C., Dhaliwal, J.S., Teo, T.S.H., (2004). Assimilation and diffusion of web technologies in supply-chain management: an examination of key drivers and performance impacts. *International Journal of Electronic Commerce*. 9 (1), 127–163.
- Rich, E. y Knight K. (1994). *Inteligencia Artificial*. Madrid, España: McGraw Hill Interamericana.
- Samuel, A.L. (1959). Some Studies in Machine learning using the game of checkers. *IBM Journal of Research and Development*. Volume 3 Issue 3, July 1959. Pages 210-229. IBM corp. Riverton, NJ. USA.
- Santamaría, R. (2012). La cadena de suministro en el perfil del Ingeniero Industrial. *Ingeniería Industrial, Actualidad y Nuevas Tendencias: Año 5, Vol III, N°8*, pp. 39-50.
- Stapleton, D.; Hanna, J.; Ross, J. (2006) Enhancing supply chain solutions with the

application of chaos theory. *Supply Chain Management: An International Journal*, 11(2), 108-114.

Vera M. & Bustamante J. (2007). Modelo dinámico para la generación de pronóstico usando redes neuronales artificiales (RNA). *Visión Gerencial. Año 6 N° Especial. Marzo 2007. Pg.130-142. ISSN 1317-8822. Venezuela.*

Wallace, T. y Stahl, R. (2018). *Sales and Operations Planning: The How-To Handbook* (3ª edición).

Womack, J.P. & Jones, D.T. (2003). *Lean Solutions*. Free Press.

World Economic Forum (2020). "The Future of Jobs Report".

Wright, P. M., Dunford, B. B. y Snell, S. A. (2001). Human resources and the resource-based view of the firm. *Journal of Management*, 27(6), 701–721. Recuperado de: [https://doi.org/10.1016/S0149-2063\(01\)00120-9](https://doi.org/10.1016/S0149-2063(01)00120-9)Get rights and content.

Fecha de recepción: 14 septiembre de 2018

Fecha de aceptación: 15 febrero de 2019