

Universidad de Lima
Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Carrera de Ingeniería Industrial



AUTOMATIZACIÓN DE ALMACENES: NUEVAS TECNOLOGÍAS

Trabajo de investigación para optar el grado académico de bachiller en Ingeniería Industrial

Sharon Puerta Salazar

Código 20161159

Verushka Alexandra Rodriguez Hübner

Código 20161258

Asesor

Alex Antonio Vidal Paredes

Lima – Perú

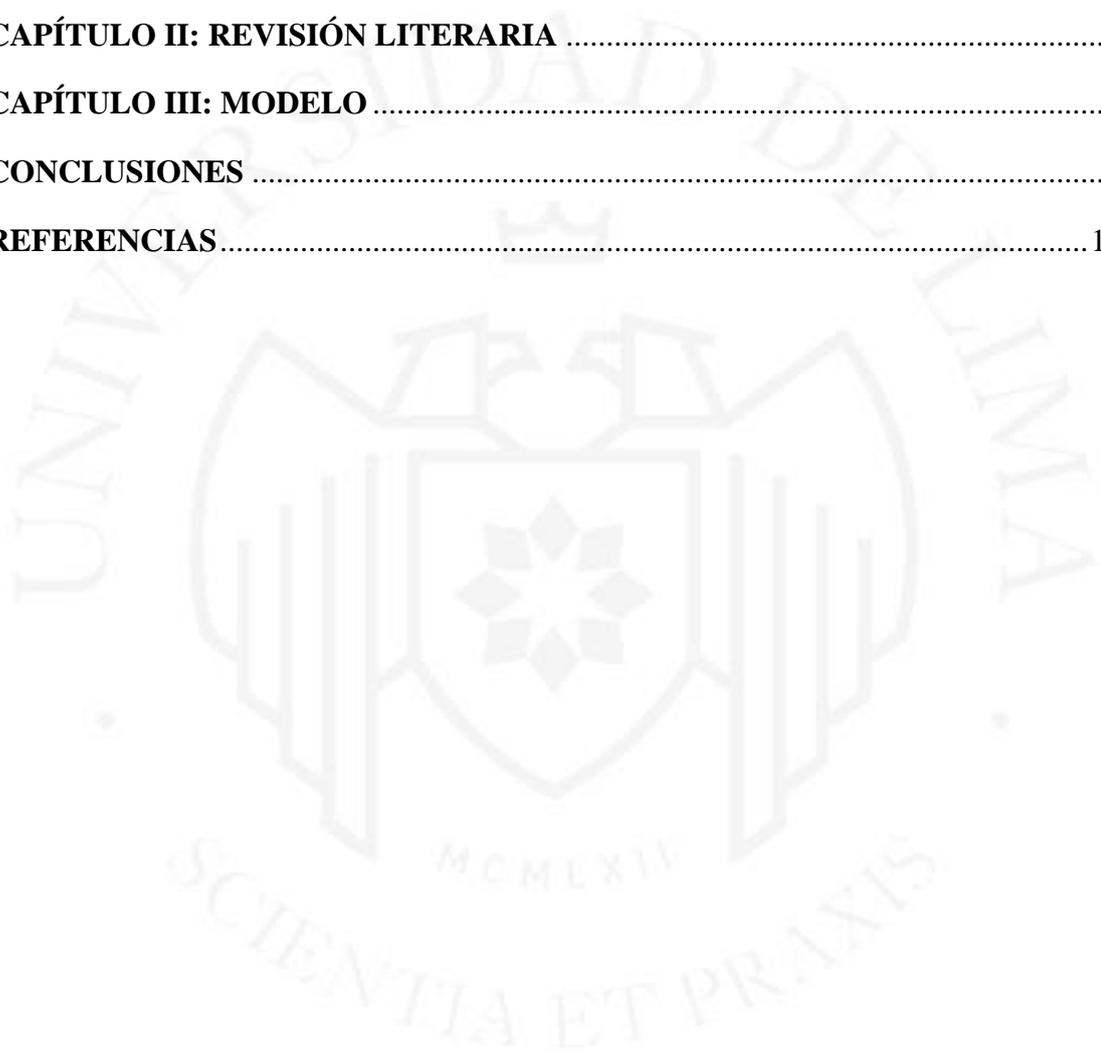
Marzo de 2021



**WAREHOUSE AUTOMATION: NEW
TECHNOLOGIES**

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	v
ABSTRACTvi
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II: REVISIÓN LITERARIA	2
CAPÍTULO III: MODELO	6
CONCLUSIONES	9
REFERENCIAS	10



RESUMEN

Los almacenes totalmente automatizados hoy son una realidad, sin embargo, para poder entender este concepto es necesario comprender que es la automatización industrial, y como el uso de herramientas, como Big Data, WMS (Warehouse Management System), RFID (Radio Frequency Identification) y racks dinámicos, ayudan a las empresas a abrirse paso en este nuevo mundo de constante cambio, mostrando su clara superioridad frente a métodos tradicionales como el uso de código de barras, estanterías fijas, controles de kardex manuales, entre otros. De igual manera, el artículo muestra la comparativa entre empresas que hacen uso de almacenes tradicionales y empresas que cuentan con almacenes automatizados. Finalmente, el presente artículo hace evidencia de la importancia de contar con estas nuevas herramientas digitales para poder afrontar las nuevas exigencias del mercado el cual demanda una mayor efectividad en todos los procesos de las empresas.

Palabras clave: Almacenamiento caótico, almacén inteligente, Automatización Industrial, Big Data, El Internet de las Cosas, Industria 4.0.

ABSTRACT

Today, fully automated warehouses are a reality, however, in order to understand this concept it is necessary to understand what industrial automation is, and how to use tools, such as Big Data, WMS (Warehouse Management System), RFID (Radio Frequency Identification) and dynamic racks, help companies to break through in this new world of constant change, showing their clear superiority compared to traditional methods such as the use of barcodes, fixed shelves, manual kardex controls, among others. In addition, the article shows the comparison between companies that make use of traditional warehouses and companies that have automated warehouses. Finally, this article makes evidence of the importance of having these new digital tools to be able to face the new demands of the market, which demands greater effectiveness in all business processes.

Keywords: Chaotic storage, smart warehouse, Industrial Automation, Big Data, Internet of Things, Industry 4.0.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Cada día se ve nuevos adelantos tecnológicos en el mundo, lo que quiere decir, que como raza humana estamos en constante cambio, y no solo nosotros sino todas las cosas con las que convivimos los modelos de negocios hoy en día no son los mismos, que hace 50 años, y de igual manera la logística actual, al igual que todo, está evolucionando constantemente; si bien es cierto hay ciertas cosas en la logística que no han cambiado demasiado hay otras que sí, por ejemplo, hoy en día hay softwares que se encargan de realizar las proyecciones de requerimientos de una empresa, optimizar las rutas de las mismas y obviamente el manejo de los almacenes también se encuentra en una fase de digitalización y de automatización.

En los últimos años, se han producido grandes cambios en los almacenes automatizados tanto en términos de diseño como en contextos de aplicación. Muchas empresas que operan en varios sectores decidieron optar por la automatización y los almacenes automatizados se han extendido a nuevos contextos de aplicación. Si bien es cierto que, la implementación de estos es relativamente costosa, los resultados que esta puede ofrecer a las empresas son indudablemente de suma importancia, por ejemplo, permite un traqueo de los productos mucho más eficaz, mejoran los tiempos de entrega y recojo de pedidos, por lo que a la vez se mejora la rotación de inventarios de la empresa lo que se ve reflejado en una reducción del costo de almacenamiento de las empresas.

La importancia de la implementación de los almacenes automatizados se vio totalmente evidenciada este año, puesto que la pandemia originada por el COVID-19 paro relativamente todas las empresas que operaban sus almacenes de forma tradicional al no poder tener operarios trabajando ahí; por otro lado empresas como Amazon, se vieron totalmente beneficiadas dado que cuentan con almacenes completamente automatizados, lo cual les permitió sacar provecho de esta situación, esto no hace más que recalcar la importancia de buscar mejorar siempre todas las áreas de la empresa con procesos de digitalización y automatización.

CAPÍTULO II: REVISIÓN LITERARIA

La **automatización industrial** se trata de reemplazar las acciones y pensamientos de un operador humano por dispositivos eléctricos, mecánicos, neumáticos, informáticos, etc. Estos dispositivos se coordinan y programan mediante instrucciones digitales que son capaces de ser ejecutadas cíclicamente y el sistema resultante es capaz de funcionar sin intervención humana. (Pérez, 2015, p. 3)

Según Pérez (2015), la automatización en la ingeniería es más que un sistema de control, incluye los sensores y transmisores de campo, los sistemas de control y supervisión de los procesos y, por último, los sistemas de recolección de datos (p. 5)

Actualmente, la automatización industrial se relaciona en gran medida con el uso de *robots* para las operaciones y la inspección visual para el control en tiempo real de la producción. De esta manera, se agilizan los sistemas de fabricación y se recrean virtualmente los procesos mediante *softwares* de simulación de producción asistida por computadoras. (Pérez, 2015, p. 3)

Con respecto a las ventajas de los sistemas automatizados, se encuentra el aumento de la productividad, reducción de los costos de mano de obra; así como el aumento de la seguridad laboral y una mejor calidad del producto. Además, se permite la integración entre los equipos utilizados con sistemas de recolección y transmisión de datos, lo que permite mejorar el control de la producción en general. (Pérez, 2015, pp. 7 - 8)

Por otro lado, Pérez (2015) comenta que las desventajas se reducen a que los procesos productivos de una compañía se convierten en procesos dependientes de la tecnología, por lo que se evidencia un recorte de personal humano capacitado, y, el personal restante, podría desarrollar un rechazo al cambio o dificultades para adaptarse a los nuevos conocimientos tecnológicos necesarios para la producción automatizada. (pp. 8 - 9)

Sin embargo, si dejamos de lado el análisis y ejecución de la producción automatizada, encontramos que, al modernizarse la producción, se vuelve indispensable equiparar un almacén automatizado. Un sistema de almacenamiento automatizado

introduce tecnología moderna al proceso productivo manual y anticuado y realiza cambios integrales en la estructura y gestión del mismo. El almacenamiento se convierte en un sistema automatizado para la gestión inteligente del almacén en el que se combina tecnología logística automatizada y tecnología de automatización informática. (Yang et al., 2020, pp. 1 - 2). Asimismo, los autores Gil, Mollá y Ruiz (2008) concuerdan en que conforme se obtiene un mayor grado de automatización en el almacén, se simplifica la localización y seguimiento de los productos y el control del inventario en el mismo. (p. 120)

La tecnología de automatización permite que los almacenes asignen de manera lógica los espacios, para mejorar el flujo de trabajo y recortar los ciclos de producción, pero eso no significa que se elimine por completo la caoticidad del almacén. Es por esa razón que, en algunos casos, es recomendable la introducción de métodos científicos para incrementar la gestión de la eficiencia. (Yang et al., 2020, pp. 1 - 2).

Yang, Wu y Ma (2020) explican que un almacén automatizado debe seguir el principio de distribución uniforme, el cual es el principio por el cual se selecciona la ubicación de los productos, su propósito es mejorar la eficiencia de la llegada de los productos al almacén, evitando la aparición de ciertos elementos que pudieran retrasar su llegada. El principio de distribución uniforme está dividido en tres tipos, de ubicación, de mercancías y de carga de equipo. (p. 6).

De igual manera, es preciso mencionar que el principal obstáculo para la implementación de las tecnologías de automatización en las compañías es el costo monetario que estas representan, por lo que su uso se verá condicionado por los recursos financieros y humanos con los que se cuenta. Las empresas con mayor grado de automatización de sus almacenes son aquellas que poseen mayor antigüedad y gran cantidad de empleados en sus filas, además de grandes volúmenes de ventas (Gil et al., 2008, pp. 121,125)

Por último, Gil, Mollá y Ruiz (2008) recuerdan que, en cuanto a los proveedores, las empresas con mayor grado de automatización del almacén, son las que se aprovisionan en mayor medida del mismo fabricante, mientras que las empresas con un menor grado de automatización, tienden a realizar compras a mayoristas. (p. 127)

Actualmente, los almacenes automatizados han evolucionado y han pasado a llamarse “almacenes inteligentes”. Un **almacén inteligente** es conocido por operar bajo

la máxima eficiencia e integrar mejores prácticas y tecnologías avanzadas, en este almacén se mantiene el más alto nivel en un mercado que cambia constantemente. Por esa razón, la “inteligencia” del almacén llega con la forma automatizada, sin documentos y con el menor personal posible en la ejecución de las operaciones. (Van Geest et al., 2020, p. 2)

Para profundizar en el uso de estas nuevas tecnologías avanzadas, Van Geest, Tekinerdogan y Catal (2020) expresan que, en la **Industria 4.0**, desaparecen los racks estáticos en los almacenes convencionales, para dar paso a los racks dinámicos de los almacenes automatizados que ayudan a reducir los tiempos de *picking*. Por ejemplo, Amazon aplica una distribución dinámica, llamada “**almacenamiento caótico**”, lo que admite almacenar cualquier producto en cualquier contenedor vacío y, seguidamente, realizar el seguimiento y la ubicación mediante un *software* especializado y un **vehículo guiado automatizado (AGV)** para mantener las rutas de *picking* optimizadas, por lo que se minimiza la necesidad de poder humano y se hace uso eficiente del tiempo. (pp. 2, 5)

Mientras que los productos se encuentran en el almacén inteligente, los sistemas deben conocer su ubicación en tiempo real, el **Internet of Things (IoT)** permite una permanente conexión entre el producto y la red del almacén; los componentes que utiliza el IoT son: sensores, puerta de enlace de red, actuadores, sistemas de nube y niebla para almacenamiento y procesamiento de datos, programas para procesamiento y visualización de datos, y fuentes de energía del sistema. De esta manera, se logra que, por ejemplo, los escáneres que verifican las etiquetas de cada producto estén conectados con el sistema del almacén para que se optimice la planificación de los pedidos. (Van Geest et al, 2020, p.4)

Además, para facilitar la gestión de un almacén inteligente, aparece el **Warehouse Management System (WMS)**, un sistema que recopila todas las operaciones del almacén. El WMS ejecuta todos los movimientos que se realicen en el almacén, y es compatible con otros sistemas. Por ejemplo, es capaz de relacionar el WMS con: un **Sistema de Gestión de Transporte (TMS)** responsable de la reubicación de las mercancías; un **Sistema de Gestión de Inventario**; o un **Sistema de Agentes Múltiples (MAS)** que utiliza conceptos informáticos. (Van Geest et al., 2020, p. 5)

Analizando otros sistemas para los almacenes automatizados o, siendo más específicos, almacenes inteligentes, podemos encontrar los **Sistemas Integrados**

Flexibles (IFS), los cuales proporcionan rapidez y reducen el costo de los lanzamientos de nuevas órdenes de producción en un almacén, especialmente para la producción de ítems de baja rotación. Para asegurar el éxito del IFS, es determinante una organización adecuada de la tecnología en el almacén en lo que respecta al uso del equipo tecnológico, los sistemas más específicos y los robots. Sin embargo, el IFS puede presentar problemas en el transporte dentro del almacén, por lo tanto, también es necesaria la implementación de un **Sistema de Manufactura Inteligente (IMS)**. El IMS aprovecha las funciones de los robots de transporte autónomos para lograr un sistema de transporte totalmente automatizado. (Tysmbal et al., 2020, p. 1)

Finalmente, Bernabé, García y Gómez (2018) exponen la **Tecnología de Radiofrecuencia en Almacenes (RFID)**, la cual permite aumentar la disponibilidad de los productos de poca rotación sin la necesidad de incrementar los niveles de los inventarios de seguridad del almacén inteligente. El RFID logra optimizar la trazabilidad de los ítems, automatizar los flujos del proceso y conocer el estado de cada uno de los productos en tiempo real a lo largo de la cadena de abastecimiento. Además, se logra la automatización de todos los procesos manuales dentro del almacén inteligente, lo cual se traduce en un incremento en las ventas de los productos siempre disponibles que, a su vez, representa una reducción de los excesos de inventario en las instalaciones. Gracias al RFID, el almacén inteligente es capaz de recolectar información en tiempo real, acerca de la localización de productos o el estado de los bienes móviles (por ejemplo: carretillas, racks dinámicos, contenedores), e integrar esta información con los sistemas de gestión previamente expuestos (pp. 157-158).

CAPÍTULO III: MODELO

La globalización ha creado un panorama en el que las alianzas estratégicas resultan de vital importancia para las empresas, incluso más para las pequeñas y medianas empresas (PyMEs), haciendo indispensable la creación de las cadenas de valor; la cual según González, Galván, Gutierrez y Eliseo (2018), se refiere a una red de alianzas verticales y estratégicas entre varias empresas de negocios independientes dentro de una cadena de productos o servicios. Por ende, la automatización industrial está en el umbral de una nueva revolución, atravesando rápidos cambios tecnológicos, adoptando nuevos sistemas y arquitecturas de redes y apuntando a la interoperabilidad de dispositivos y sistemas.

En la actualidad, la pandemia del COVID-19 ha generado una tendencia en base al concepto de *Internet of Things* (IoT), debido a que ha provocado que la digitalización de las empresas cobre mayor relevancia en base a dispositivos electrónicos. Además, en esta nueva era conectada, el Internet de las Cosas se ha convertido en un habilitador de la transformación digital de las organizaciones, de sus negocios y procesos. Por ejemplo, durante el confinamiento social, se han producido picos de demanda en las plantas de fabricación y los centros logísticos han tomado conciencia sobre la importancia del paso a una industria potenciada por la transformación digital. Sumado a ello, hoy en día, se tiene muy en claro la importancia de contar con comunicaciones fiables, las cuales deben garantizar la continuidad de los negocios y la necesidad de digitalizar procesos para ser más competitivos.

Entonces, la automatización industrial en medio de la pandemia viene buscando disponer de sistemas flexibles para poder adaptar en tiempos *récord* sus plantas, controlando adecuadamente sus *stocks* y toda la logística que se requiere. Todo esto solo se consigue con una transformación digital profunda en las empresas industriales.

Por otro lado, el concepto de *Big Data* también guarda relación de automatización frente a la pandemia que viene atravesando el planeta, ya que el uso correcto de los datos que se almacenan está logrando ser de gran utilidad para hacer descender la curva de infecciones del COVID-19. Y, en cuanto al rubro industrial, esta base de datos viene jugando un rol fundamental para la detección de tendencias, permitiendo observar a los clientes a una mayor escala y, conociendo sus preferencias dentro de la industria. En consecuencia, todas estas experiencias están sirviendo para el análisis predictivo, el cual

permite estudiar los patrones de comportamiento de los diferentes clientes, con la finalidad de mejorar sus experiencias en menores tiempos o periodos.

Con tasas de precisión más elevadas, menores costos y el *Internet of Things* (IoT), la tecnología RFID reapareció en los últimos años en reemplazo del código de barras y ha contribuido a la optimización de toda la cadena logística.

Hace un par de años, en un estudio de GS1 US y el Laboratorio de RFID de la Universidad de Auburn, los investigadores encontraron que es posible una precisión de casi el 100% en los pedidos en la cadena de suministro minorista utilizando las etiquetas RFID. Se descubrió que los sistemas más antiguos, como los códigos de barras, podrían ser inexactos hasta en un 69% de los pedidos en comparación con menos del 0.01% con datos RFID. Con una mayor precisión de los datos, los minoristas pueden reducir eficazmente costos y las devoluciones de cargo, lo cual, justifica la inversión en la tecnología (Kim, 2018).

No obstante, actualmente la tecnología RFID compite con otras soluciones además del código de barras, tales como las etiquetas *Bluetooth* (BLE), Wi-Fi y UWB. Cada sistema es diferente, por lo que cada uno tiene sus pros y contras en relación los costos del *hardware* requerido, la fiabilidad, durabilidad y otras características. Cabe mencionar que optar por una de estas tecnologías no excluye que se utilice junto con otra para escalar en integración, trazabilidad y eficiencia.

Otra tecnología que está siendo adoptada por la industria para incrementar la eficiencia de las operaciones de los almacenes es la Realidad Aumentada o *Augmented Reality* (AR). Las tres principales características que hacen que el sistema sea de Realidad Aumentada es que este debería funcionar a tiempo real, combinar elementos virtuales con los reales y, por último, poder ser integrado en un entorno 3D.

A pesar de que la Realidad Aumentada no se considera un nuevo desarrollo tecnológico, su aplicación en la logística todavía está significativamente por detrás en comparación a otras industrias como la de videojuegos, por ejemplo.

Los potenciales beneficios de AR dependen del hardware y los resultados pueden variar notablemente entre los dispositivos con diferentes especificaciones. Sin tomar en consideración las denominadas barreras de implementación de AR (*pick-by-vision*), los beneficios esperados son una menor tasa de error y mayores eficiencia, flexibilidad,

fiabilidad y seguridad en los procesos de recepción, almacenamiento, *picking* y *shipping* de los productos. Al igual que la tecnología RFID, la implementación de sistemas de Realidad Aumentada permite optimizar la gestión de almacenes, sino también soporta el sistema de transporte y distribución.

El *picking to light/voice* son tecnologías de información específicas de determinadas operaciones, los cuales aplican al proceso de preparación de pedido. Para visualizar la diferencia entre ambas TIC, en el *pick to voice* el operario del almacén lleva un equipo de comunicación que permite recibir y enviar mensajes acerca de las operaciones de recogida de productos a realizar; mientras que en el *pick to light* el operario es guiado por un conjunto de luces que le indican las ubicaciones y las cantidades a recoger de los productos. Sin embargo, estos sistemas quedarían detrás o como apoyo del *pick-by-vision* dado por un mayor uso y aplicación de la Realidad Aumentada en las operaciones logísticas.

Todas estas tecnologías en tendencia en los últimos años se fundamentan en un sistema operativo, el cual abarca todos los medios técnicos que efectúan la carga, descarga, manipulación, transporte y ubicación de la mercancía. Los almacenes automatizados se ayudan de medios técnicos de última tecnología, tales como los AGV (*Automatic Guided Vehicle*), los transelevadores, cintas transportadoras, entre otros. Asimismo, para correcta gestión de almacén, un medio debe integrar todos estos distintos sistemas, transferir información entre estos y comunicarla también al operador. Esto último con el fin de conocer el estado de los elementos del sistema operativo y de las mercancías para que el operador pueda tomar decisiones pertinentes. El SCE (*Supply Chain Execution*) es entonces la solución que integra otras herramientas de gestión de ejecución y visibilidad de la información de la cadena de suministro tales como TMS (*Transportación Management System*), LMS, YMS, WMS, entre otros (Correo et. al, 2010).

CONCLUSIONES

- El avance tecnológico es constante e inevitable, y la logística de los almacenes no es ajena a esta tendencia. Cada vez más empresas, medianas y grandes, se modernizan e implementan nuevas tecnologías en la gestión de sus instalaciones. La implementación puede significar un gran gasto monetario, sin embargo, las ventajas que estas tecnologías traen son evidentes. Pronto será necesario el uso de sistemas de gestión dentro de los almacenes para lograr el éxito de una empresa.
- La introducción de “El internet de las cosas” y el “Big Data” ha automatizado la industria de una manera más productiva, tomando en cuenta el análisis previo de los patrones de sus clientes; con la finalidad de mejorar las expectativas en periodos cortos de tiempo.
- La pandemia del COVID-19 ha generado un cambio total en las industrias peruanas e internacionales, haciendo que los centros logísticos busquen mejorar las etapas de la cadena de Suministro de manera digital, implementando diversas estrategias de automatización y/u optimización de recursos para mejorar la productividad.
- Las nuevas tecnologías dentro del sistema operativo, sistema de mando y control y sistema de comunicaciones surgen en búsqueda de mayor agilidad en los procesos logísticos, eficiencia y optimización de los tiempos de entrega al cliente.
- Es necesario adaptarse al entorno VUCA y a las nuevas y cambiantes necesidades de los clientes quienes cada vez son más exigentes. Por ello, al ser el almacenamiento, una de las actividades más críticas en la cadena de suministro, y donde aún se percibe que, en la práctica, sus operaciones requieren acciones manuales y puede generar pérdida de productividad y costos considerables, se ha vuelto imprescindible contar hoy en día con almacenes con un funcionamiento rápido y eficiente, con la mínima cantidad de errores posibles; esto se lograría a través del uso de las tecnologías estudiadas, con el fin de optimizar el rendimiento y mejorar el nivel de servicio.

REFERENCIAS

- Catal, C., Tekinerdogan, B. & Van Geest, M. (2020). Design of a reference architecture for developing smart warehouses in Industry 4.0. *Computers in Industry*, 124, Artículo 103343. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103343>
- Correo, A., Gómez, R., & Cano, J. (2010). Gestión de almacenes y tecnologías de la información y comunicación (TIC).
- Gómez, P., García, V., & Bernabé, B. (2018). Tecnología de Radiofrecuencia en almacenes. *Logística y Productividad*, 154-163, Artículo 10. <http://redibai-myd.org/portal/2019/01/12/logistica-y-productividad/>
- González, I., Galván, M., Gutierrez, I., & Eliseo, H. (2018). Logística y Productividad. *Red Hiboamericana de Academias de Investigación*, 341. <http://redibai-myd.org/portal/2019/01/12/logistica-y-productividad/>
- Gil, I., Mollá, A., & Ruiz, M. (2008). Automatización del almacén y surtido en la distribución de productos de uso duradero. *Universia Business Review*, (19),118-133. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=433/43301907>
- Institute for Manufacturing, Department of Engineering. (2017). Augmented Reality in Warehouse Operations: Opportunities and Barriers. *University of Cambridge*, <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.1807>
- Kim, Y. (2018). Supply Chain Dive. <https://www.supplychaindive.com/news/RFID-100-accurate-ROI-Auburn/539449/>

Pérez, E. (2015). Propuesta de Automatización en Bodega de Producto Terminado en Industria Manufacturera de productos de Higiene Personal en Costa Rica. *InterSedes*, 16(34), 40-60.

http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S221524582015000200040&lng=en&tlng=es.

Tysmbal, O., Bronnikov, A., & Mercorelli, P. (2020). Decision Making Models for Robotic Warehouse. 2020 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM), 44-549. <https://doi.org/10.1109/SPEEDAM48782.2020.9161933>

Yang, D., Wu, Y., & Ma, W. (2020). Optimization of Storage Location Assignment in Automated Warehouse. *Microprocessors and Microsystems*, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.micpro.2020.103356>