



UNIVERSIDAD LATINA CAMPUS HEREDIA
CENTRO INTERNACIONAL DE POSGRADOS

MAESTRÍA PROFESIONAL EN LOGÍSTICA EMPRESARIAL

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

**“NUEVAS TENDENCIAS TECNOLÓGICAS PARA LA ADMINISTRACIÓN Y EL
CONTROL EFICIENTE DE BODEGAS”**

ELABORADO POR:

**FRANCO PUGLIESE CARAZO
MARÍA CAROLINA QUIRÓS PICADO**

HEREDIA, COSTA RICA

2017



**UNIVERSIDAD LATINA
DE COSTA RICA**
LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES®

UNIVERSIDAD LATINA CAMPUS HEREDIA CENTRO INTERNACIONAL DE POSGRADOS

CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL TUTOR DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Heredia, 31 de marzo del 2017
Señores
Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación
SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: **“NUEVAS TENDENCIAS TECNOLÓGICAS PARA LA ADMINISTRACIÓN Y EL CONTROL EFICIENTE DE BODEGAS”**, elaborado por los estudiantes: **FRANCO PUGLIESE CARAZO Y MARÍA CAROLINA QUIRÓS PICADO**, como requisito para que los citados estudiantes puedan optar por el grado académico **MÁSTER PROFESIONAL EN LOGÍSTICA EMPRESARIAL**.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su entrega ante el Comité de Trabajos Finales de Graduación.

Suscribe cordialmente,



ING. MANUEL FABRICIO PEREIRA CASTILLO, M.B.A



UNIVERSIDAD LATINA CAMPUS HEREDIA CENTRO INTERNACIONAL DE POSGRADOS

CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL LECTOR DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Heredia, 31 de marzo del 2017

Señores

Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: **“NUEVAS TENDENCIAS TECNOLÓGICAS PARA LA ADMINISTRACIÓN Y EL CONTROL EFICIENTE DE BODEGAS”**, elaborado por los estudiantes: **FRANCO PUGLIESE CARAZO Y MARÍA CAROLINA QUIRÓS PICADO**, como requisito para que los citados estudiantes puedan optar por el grado académico **MÁSTER PROFESIONAL EN LOGÍSTICA EMPRESARIAL**.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su entrega ante el Comité de Trabajos Finales de Graduación.

Suscribe cordialmente,

ING Douglas Salas, MBA

UNIVERSIDAD LATINA CAMPUS HEREDIA CENTRO INTERNACIONAL DE POSGRADOS

CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL FILÓLOGO DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Heredia, 26 de marzo del 2017

Señores
Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación
SD

Estimados Señores:

Leí y corregí el Trabajo Final de Graduación denominado: **"NUEVAS TENDENCIAS TECNOLÓGICAS PARA LA ADMINISTRACIÓN Y EL CONTROL EFICIENTE DE BODEGAS"** elaborado por los estudiantes: **FRANCO PUGLIESE CARAZO Y MARÍA CAROLINA QUIRÓS PICADO**, para optar por el grado académico de **MÁSTER PROFESIONAL EN LOGÍSTICA EMPRESARIAL**.

Corregí el trabajo en aspectos tales como: construcción de párrafos, vicios del lenguaje que se trasladan a lo escrito, ortografía, puntuación y otros relacionados con el campo filológico y, desde ese punto de vista, considero que está listo para ser presentado como Trabajo Final de Graduación, por cuanto cumple con los requisitos establecidos por la Universidad.

Suscribe de Ustedes cordialmente,



Licda. Carolina Arias Núñez, M.Litt.
Cédula 109550920
Carné #24.407
Filóloga

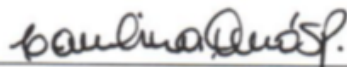
DECLARACIÓN JURADA

Los suscritos, **FRANCO PUGLIESE CARAZO**, con cédula de identidad número **1-1177-0532**, y **MARÍA CAROLINA QUIRÓS PICADO**, con cédula de identidad número **1-1240-0828**, declaro bajo fe de juramento, conociendo las consecuencias penales que conlleva el delito de perjurio: Que somos los autores del presente trabajo final de graduación, modalidad memoria, para optar por el título de **MÁSTER PROFESIONAL EN LOGÍSTICA EMPRESARIAL** de la Universidad Latina, campus Heredia, y que el contenido de dicho trabajo es obra original de los suscritos.

Heredia, 31 de marzo del 2017



FRANCO PUGLIESE CARAZO



MARÍA CAROLINA QUIRÓS PICADO

MANIFESTACIÓN EXONERACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Los suscritos, **FRANCO PUGLIESE CARAZO**, con cédula de identidad número **1-1177-0532**, y **MARÍA CAROLINA QUIRÓS PICADO**, con cédula de identidad número **1-1240-0828**, exonero de toda responsabilidad a la Universidad Latina, campus Heredia, así como al Tutor y Lector que han revisado el presente trabajo final de graduación, para optar por el título de **MÁSTER PROFESIONAL EN LOGÍSTICA EMPRESARIAL** de la Universidad Latina, campus Heredia, por las manifestaciones y/o apreciaciones personales incluidas en el mismo. Asimismo, autorizo a la Universidad Latina, campus Heredia, a disponer de dicho trabajo para uso y fines de carácter académico, publicitando el mismo en el sitio web, así como en el CRAI.

Heredia, 31 de marzo del 2017



FRANCO PUGLIESE CARAZO



MARÍA CAROLINA QUIRÓS PICADO

AGRADECIMIENTO

A nuestros padres, agradecemos su esfuerzo por darnos las herramientas necesarias para alcanzar nuestras metas personales, académicas y laborales. Gracias por brindarnos los valores requeridos para hacer frente a muchas adversidades, saliendo adelante con todo lo que nos hemos planteado.

Agradecemos sinceramente el apoyo que hemos recibido de ellos en nuestro proceso de estudio, desde su inicio hasta este último logro que esperamos compartir y disfrutar en familia.

RESUMEN EJECUTIVO

En el presente trabajo se analizan las diferentes tendencias modernas para la gestión de almacenes de cara a un control eficiente de las operaciones. En los últimos años, los avances en la tecnología han conllevado la necesidad de implementar soluciones novedosas e innovadoras para la gestión de las operaciones logísticas.

A través de una investigación exhaustiva de bibliografía validada, búsquedas en Internet, revisión de implementaciones exitosas y artículos de tecnología y logística, el documento a continuación presenta una caracterización de las diferentes soluciones para la gestión eficiente de almacenes.

Se analizan las principales características de un sistema de gestión de almacenes (WMS, por sus siglas en inglés), como corazón de la administración moderna de las operaciones de la bodega y su necesidad para el control exacto y oportuno de la información. Adicionalmente, se explican los tipos de WMS que existen en el mercado y las principales diferencias que presentan, desde costo hasta alcance y conectividad.

En general, se concluye que esta herramienta es completamente alcanzable y necesaria para cualquier empresa que desee gestionar su inventario en una bodega; el nivel de complejidad dependerá de las necesidades de la organización y su disponibilidad de realizar una inversión mayor.

Basados en el WMS y considerando su capacidad de conectividades, se analizan herramientas tan simples y efectivas como el código de barras, más complejas como el código QR y mucho más evolucionadas como el RFID. La selección de estas soluciones dependerá de las necesidades y los niveles de exigencia con que se deba administrar el inventario de cada empresa.

Asimismo, se presentan alternativas de gestión de almacenes complementarios, como el control de sistema de voz y las bodegas automatizadas. Estas soluciones, si bien son poco comunes en nuestro país, se consideran herramientas novedosas y verdaderamente funcionales en ciertos procesos que requieran de mayor precisión y velocidad operativa.

Con base en la definición de las fortalezas, debilidades y los casos de implementaciones exitosas, se caracteriza cada una de estas soluciones tecnológicas. Ahora bien, lo anterior servirá para definir una metodología de cara a la mejor selección del sistema de gestión de almacén, bajo un correcto conocimiento de los procesos operativos y del giro de negocio particular en cada empresa.

Se definen la importancia de conocer la complejidad de la operación, el tipo de productos que se manejan y la caracterización del proceso, así como las interacciones con otros sistemas, como aspectos primordiales para la selección del WMS.

Una vez seleccionado el WMS y conociendo su capacidad de conectividad con los diferentes dispositivos, se consideran la rigurosidad del proceso, la complejidad de la operación y la capacidad de inversión de la empresa en temas de tecnología, para determinar cuál será la recomendación en cada proceso logístico.

Por último, se define una batería de indicadores clave de desempeño para la gestión de cualquier almacén, considerando la exactitud del inventario, el índice de daños a productos, la exactitud en el alistado de pedidos y el tiempo de atención en descarga y despacho.

A través de estos indicadores, será posible comprobar la adecuada gestión del almacén, así como determinar los resultados alcanzados, en caso de implementar algún proyecto de mejora.

TABLA DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTO	7
RESUMEN EJECUTIVO	8
ÍNDICE DE CUADROS	13
ÍNDICE DE IMÁGENES	13
CAPÍTULO 1: PROBLEMA Y PROPÓSITO	14
1.1 Estado actual de la investigación	14
1.2 Planteamiento del problema.....	15
1.3 Justificación	17
1.4 Objetivo general y específicos	18
CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	19
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA	22
3.1 Enfoque metodológico y método seleccionado	22
3.2 Descripción del contexto o sitio de estudio	22
3.3 Principales tendencias tecnológicas mundiales en administración de bodegas	24
3.3.1. Sistemas WMS.....	25
3.3.2. Códigos de barras	30
3.3.3. Sistemas de almacenaje robotizado	37
3.3.4. Identificación por radiofrecuencia (RFID).....	44
3.3.5 Control de sistema por voz.....	51
3.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de los datos	54
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	55
4.1. Soluciones para la gestión eficiente de almacenes.....	55
4.1.1. Sobre la gestión general de la bodega	56
4.1.1.1. Sistema WMS	57
4.1.1.2. Dispositivos para la gestión del almacén.....	59
4.2. Indicadores claves de desempeño.....	63
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	67
5.1. Conclusiones	67
5. 2. Recomendaciones	69
CAPÍTULO 6: PROPUESTA	70

BIBLIOGRAFÍA	71
GLOSARIO	74

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: WMS más conocidos.....	28
Cuadro 2: Resumen de Metodología de Selección de Solución Tecnológica.....	62
Cuadro 3: Productos Caracterizados en ABC por su valor.....	63
Cuadro 4: Tolerancias de Error para IRA.....	64

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Primer código de barras, “ojo de buey”.....	31
Imagen 2: Código de barras lineal.....	33
Imagen 3: Código QR.....	35
Imagen 4: Traselevador en una bodega automatizada.....	40
Imagen 5: Tecnología RFID.....	47
Imagen 6: RFID en manejo de productos en una bodega.....	49
Imagen 7: Auricular para comando por voz.....	54

CAPÍTULO 1: PROBLEMA Y PROPÓSITO

1.1 Estado actual de la investigación

Hoy, un almacén o una bodega no es solamente un área en la cual las empresas reciben material, almacenan materia prima o inventario de producto semiterminado o terminado, hasta el momento del consumo. Con el paso del tiempo, los almacenes se han convertido en un eslabón clave en la cadena suministros que provee elementos físicos y funcionales capaces de, incluso, generar valor agregado.

La bodega es un factor clave de éxito para las operaciones, que según la experiencia de los autores no ha sido valorado por las altas gerencias de las organizaciones modernas y, actualmente, hay mucho por investigar y desarrollar sobre las nuevas tendencias tecnológicas que permiten mejorar su funcionamiento y hacerla más eficientes.

El manejo y almacenamiento de inventario en el enfoque antiguo, únicamente buscaba disminuir los costos reflejados en el producto final, sin agregar mayor valor al proceso. En nuestros tiempos, el manejo del inventario tiene otros enfoques mucho más complejos. Por ejemplo, se busca optimizar los tiempos de tránsito, incrementar la disponibilidad de los productos, dar trazabilidad a los artículos, generar valor durante ciertos procesos de almacenaje, incluso aprovechando “tiempos muertos de almacenamiento temporal” como la nacionalización. Todo esto resulta en una necesidad de mayor precisión del manejo del inventario.

Como la inversión no ha sido enfocada en implementar nuevas tecnologías y se sigue dependiendo, en gran magnitud, del manejo de bodegas por personas, esto provoca que los problemas de administración de bodega sean recurrentes y provocados por errores muy elementales, por ejemplo, la mala ubicación de las cargas, carencia de indicadores claves de desempeño, los elevados tiempos de

proceso y la inexactitud en los inventarios. La mayoría de estos problemas se derivan del factor humano, sus tiempos de proceso y su dificultad de procesar volúmenes de información elevados.

La gestión de almacenes es una parte del proceso logístico que contempla actividades como la recepción o ingreso de embarques, el almacenaje de la carga en la bodega y todos los movimientos dentro de ella, hasta el punto de entrega.

Lo que se quiere con una gestión de almacenes eficiente y con tecnología aplicada es cumplir con los tiempos de entrega rápidos y que haya fiabilidad en el proceso, reducción de costos operativos, maximización del volumen disponible, minimización de las operaciones de manipulación y transporte.

Es común, en las bodegas de nuestro país, que aún nos encontremos con que ciertos procesos, tales como almacenamiento, alisto, conteo de inventario, son realizados por personas que manejan sus procesos de manera artesanal, con poco apoyo tecnológico en la gestión de sus operaciones. En otras, alrededor del mundo, la tecnología ya ha sido implementada con éxito y es de nuestro interés conocer las buenas prácticas y cuáles de estas tecnologías podrían ser aplicadas aquí.

1.2 Planteamiento del problema

La tecnología se va constituyendo en una parte cada vez más importante, tanto en nuestras vidas como en el desarrollo de nuestro trabajo. Los clientes y las empresas necesitan tiempos de respuesta más cortos y eficientes. Además, las compañías buscan mejorar sus costos y dar valor agregado a sus clientes.

La robótica y la electrónica han permitido ya, en otros países, optimizar bodegas y procesos logísticos. La falta de investigación en soluciones

tecnológicas en nuestro país limita la justificación de invertir en herramientas de tendencias innovadoras para la administración de bodegas.

Se continúa dependiendo de las personas para el manejo de bodegas, lo que genera costos de operación más elevados, errores humanos inherentes a la forma en que se están operando y encarece las operaciones continuas de 24 horas al día y siete días a la semana.

Lo anterior conlleva un proceso más lento, con mayor intervención humana en el manejo de todo tipo de productos, materias primas o semielaboradas y productos terminados.

Se identifica, así, la necesidad de determinar cuáles son las nuevas tecnologías aplicables para un manejo más eficiente de bodega que permitan tener mejores controles, hacer las bodegas más eficientes y reducir costos. A la vez, se pretende identificar cuáles de estas permiten crear ventajas competitivas.

La posibilidad de tener una bodega trabajando 24 horas al día durante los siete días de la semana, sin vacaciones, descanso, incapacidades por enfermedades o accidentes, y a mejores costos, debería despertar el interés de los administradores en nuestro país por invertir en tecnología de punta.

En Costa Rica, esto aún parece ciencia ficción, sin embargo, en otras partes del mundo existen bodegas automatizadas, como las de Amazon. En el 2012, Amazon compró la empresa Kiva¹, la cual diseña robots. Actualmente, en sus bodegas, funcionan alrededor de 15.000 robots, cuyas funciones son cargar los estantes de mercancía y de ahí llevarlos donde los empacadores (personas) y estos, a su vez, envían los paquetes para entregas.

¹ Según el artículo *Listo para trabajar ejército de robots de Amazon*, de la Revista El Mundo.

1.3 Justificación

La administración de bodegas en nuestro país se ha caracterizado por contar con un enfoque tradicionalmente empírico y niveles de implementación de tecnología relativamente bajos. Las limitaciones en inversión se han visto acompañadas por una carencia de investigación y desarrollo de alternativas innovadoras.

Los gerencias de empresas productoras, comercializadoras, distribuidoras y otros giros de negocio complementario han llegado a la conclusión de que mantener un almacén ineficiente resulta extremadamente costoso y puede poner en peligro la capacidad competitiva de la empresa.

La tecnología que actualmente existe nos permite mantener un inventario electrónico permanente de todos los productos manejados por la empresa, colocar las mercancías dentro del almacén de forma que el tiempo de carga y descarga de un camión sea mínimo, extraer información sobre cuánto inventario se maneja, su rotación y lo podemos tener de manera inmediata.

Actualmente, existen tecnologías que permiten manejar una bodega de manera totalmente robotizada.

A través de este proyecto, se busca plantear una serie de herramientas técnicas y nuevas tendencias tecnológicas que faciliten a los administradores de las bodegas identificar su combinación ideal de soluciones, para que su sistema sea más eficiente y crear una ventaja competitiva en su entorno.

1.4 Objetivo general y específicos

Objetivo general:

Analizar una serie de herramientas y soluciones tecnológicas innovadoras aplicables para un manejo más eficiente de bodegas.

Objetivos específicos:

1. Caracterizar las principales herramientas tecnológicas utilizadas en bodegas de empresas reconocidas.
2. Comparar las soluciones tecnológicas e identificar cuáles se adaptan, en la medida de lo posible, a la operación de empresas ya establecidas según sus características.
3. Definir indicadores claves de desempeño para la operación de bodegas que permitan cuantificar la mejora continua.
4. Diseñar una metodología estándar para implementar las mejores combinaciones de alternativas tecnológicas, que permitan mayores niveles de eficiencia en la administración de bodegas.

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Cada vez más y más bodegas alrededor del mundo están implementando herramientas tecnológicas que les permiten reducir sus costos de operación y hacer más eficiente su operación, disminuir los niveles de errores, maximizar la seguridad de los procesos y los productos y, en definitiva, ser más competitivas.

Nos enfrentamos a un transporte terrestre cada vez más congestionado, lo que nos obliga a buscar la manera en que las bodegas no solamente sean un espacio de almacenamiento, sino que también hagan un manejo eficiente de inventarios y aseguren la calidad del producto cuando se recibe.

Todos los días se forman más empresas de logística y el mercado es cada vez más competitivo, lo cual exige a dichas empresas mejorar sus procesos para competir. Hoy, la manera de hacerlo es implementando tecnología.

En Costa Rica, la investigación y la implementación de este tipo de tecnologías ha quedado un poco rezagada, las bodegas siguen funcionando de manera muy manual. Sin embargo, el resto del mundo ha avanzado en cuanto a tecnología se refiere y la idea con esta investigación es determinar cuáles son esas tendencias que permitirían mayores niveles de eficiencia en la administración de bodegas locales.

Las bodegas han ido evolucionando, al pasar de lugares planos, a nivel de piso, a otros más altos, permitiendo que grúas dentro de ellas aprovechen de mejor manera el espacio del que se dispone, sin tener que crecer en metros cuadrados conforme haya un crecimiento de la demanda.

Según la revista *Negocios Globales* (2008), en la cual consultan a varios expertos sobre este tema, Javier González, gerente comercial de TW Logística, en Santiago de Chile, afirma que "antes los centros de distribución tenían zonas de

picking y almacenamiento muy bien definidas, mientras que hoy existen muchas áreas más, como la de cross docking, zonas de carga de transferencia y de transferencia para exportación." (Sic)

Otro punto importante que destaca el especialista Sebastián Aristía (2008), gerente de operaciones de Loginsa, es que "los centros de distribución que se construyen hoy en día, tienen cada uno un layout distinto el uno del otro, porque cada cliente tiene sus requerimientos especiales, personalizando sus envíos y contemplando espacios para esto."

En otros países del mundo, se ha continuado con el estudio, desarrollo y, posteriormente, la implementación de tecnologías nuevas. Cada año hay nuevas tendencias que ayudan a las empresas a mejorar sus procesos, mecanizando la mayoría de estos. Países como Japón con sus tendencias de "justo a tiempo" y Estados Unidos desde su enfoque de innovación constante y excelencia han sido pioneros en el desarrollo y la implementación de tecnologías emergentes en la gestión de almacenes.

Implementar soluciones de robótica ha permitido mejorar la operatividad de los almacenes, incrementar la rapidez y la fiabilidad en la manipulación de mercancías, entre otros. En esos lugares, especialmente en Japón, donde el mercado es masivo y altamente competitivo, las empresas han incorporado dichas tecnologías para competir y mantenerse en el mercado.

Entre las tecnologías que hoy existen están: robótica, inteligencia artificial, biotecnología, ciencia cognitiva y nanotecnología. Todas estas pueden trabajar de manera independiente o, bien, integrada, para conseguir objetivos operacionales concretos.

Señala el gerente de ingeniería de Robotec, Jorge Rojas, en un artículo para la revista *Logistec* (2013):

En el sector de la logística la aplicación de la robótica ha tenido una gran aceptación debido al positivo impacto que tiene en torno a la reducción de costos por mano de obra o la optimización de diferentes procesos logísticos. De esta forma, se puede definir la incorporación de la robótica a la gestión de almacenamiento como un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos, cuya misión principal es ejecutar actividades a menudo forzosas, peligrosas o sensibles.

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

3.1 Enfoque metodológico y método seleccionado

El estudio se realiza mediante una investigación exploratoria de carácter cualitativo, basada en la combinación de herramientas de funcionamiento en bodegas actuales, investigación de modelos utilizados en modelos de primer mundo y estudio de experiencias de implementaciones en otras regiones.

La investigación de nuevas tendencias en la gestión de almacenes con tecnología aplicada se realizará mediante búsquedas intensivas en artículos de revistas de innovación y tecnología, así como de investigaciones referentes a casos e implementación de modelos exitosos, publicados en Internet.

Todo lo anterior, con el objetivo de obtener herramientas de funcionalidad aplicables a la gestión de bodegas en nuestro país complementadas por la experiencia laboral de los autores en la gestión de almacenes y herramientas que se han utilizado a lo largo de su carrera profesional que han sido efectivas para la operativa en la práctica.

3.2 Descripción del contexto o sitio de estudio

Es de nuestro interés determinar cuáles metodologías actuales y tendencias innovadoras permitirían una gestión más eficiente de almacenes para bodegas en Costa Rica.

Si bien el incremento de las empresas transnacionales y el auge en la industria de dispositivos médicos y farmacéuticos, en los últimos 10 años, han

generado un mayor nivel de tecnificación en la gestión logística del país, aún muchas empresas administran de manera empírica sus almacenes.

El nivel de innovación de tecnología aplicada no siempre es resultado de la capacidad de inversión de la empresa, sino, en algunas ocasiones, de una deficiente justificación de los ahorros generados, a través de mejoras operativas en el proceso.

Al realizar un estudio abierto sobre las nuevas tecnologías mundiales en este tema, se da por entendido que no necesariamente todas las soluciones serán óptimas para economías como Costa Rica; sin embargo, la metodología busca determinar, por características de la operación de una empresa, cuál sería la combinación ideal de soluciones para una gestión eficiente.

Lo anterior, sin limitar la exposición a las diferentes metodologías que operan en industrias de otros estratos económicos, cuyos ingresos y economías son superiores a las de nuestra región.

La idea es que el estudio se aplique a cualquier empresa en nuestro territorio, indistintamente del tamaño de sus bodegas y operación, sirviendo como guía de apoyo para optimizar la inversión en tecnologías aplicadas.

Se investigarán nuevas tendencias tecnológicas a nivel mundial, para determinar cuáles podrían ser aplicadas a las bodegas de nuestro país. Es de nuestro interés determinar aquellas que nos permitirían lograr un manejo más eficiente de nuestras bodegas y, a su vez, crear una ventaja competitiva.

La incorporación de sistemas de almacenaje automatizados facilita a las empresas la diferenciación de su oferta de servicios, además de una reducción en costos y aumento de productividad. Aquellos son diseñados para ser operados a través de transelevadores para paletas de forma automática, mediante equipos

robotizados para la manipulación de la carga. Así, son aptos para almacenar paletas o cajas.

El estudio se aplicaría a cualquier bodega en nuestro territorio u operador logístico que desee invertir en tecnología.

3.3 Principales tendencias tecnológicas mundiales en administración de bodegas

Como hemos comentado, la robótica y la electrónica han impulsado la innovación en este sector, permitiendo optimizar procesos logísticos y reducir costos. En los últimos años, la tendencia hacia una evolución acelerada de la tecnología aplicada ha llevado a que los administradores de almacenes busquen procesos más eficientes y nuestro país no se ha quedado atrás en el tema.

Según Edward H. Frazelle y Ricardo Sojo (año), en su libro *Logística de almacenamiento y manejo de materiales de clase mundial*:

Cada año realizamos una encuesta para determinar las prioridades de la industria con respecto al funcionamiento de los sistemas de administración de almacenes. Casi todos los años las primeras tres prioridades son (1) comunicación sin papeles, (2) inventario en tiempo real y (3) seguimiento de la productividad.

Todas estas prioridades se alcanzan con la combinación de tecnologías aplicadas en diferentes niveles del proceso. A continuación, se presentan las principales tendencias.

3.3.1. Sistemas WMS

Warehouse Management System (WMS) es un sistema de gestión de almacenes, una aplicación de *software* que da soporte a las actividades diarias de un almacén. Este *software* permite llevar un control exacto y en tiempo real de la operación, incrementar la velocidad de las transacciones, tener una amplia visibilidad de los movimientos en la bodega y mejor control de inventario.

Este programa apareció en el mundo de la logística a mediados de los años noventa y, en su momento, vino a revolucionar la industria en cuanto a gestión de almacenes se refiere. En ese entonces, era una tecnología cara de aplicar, por esto, fueron las grandes industrias quienes la implementaron.

Hoy, existen en el mercado muchas opciones y pequeñas y medianas empresas ven en este sistema un aliado para sus operaciones. Los sistemas de WMS fueron evolucionando hasta tener opciones para todo tipo de participantes, más económicas y versátiles, permitiendo a todos los participantes obtener algún *software* que se adapte a sus necesidades. Es imposible, actualmente, administrar una bodega sin un sistema en el cual apoyarse.

Esta herramienta es útil, ya que identifica la mercancía y muestra su ubicación, administra los recursos cuando van a ser trasladados, mejora el tiempo de despachos, regula la mano de obra, elimina los movimientos vacíos y ahorra segundos a la compañía, gracias a la precisión de cada desplazamiento.

En la actualidad, estos sistemas de WMS se pueden consultar a través de una aplicación en el teléfono o la tableta, lo cual permite a sus clientes tener

información en tiempo real y a la mano. Esta es una exigencia del mercado y quien lo ofrezca tiene una ventaja competitiva.

El sistema WMS no solamente abarca la bodega donde se maneja la mercadería, sino que también involucra a participantes incluso fuera de la empresa, tales como proveedores, contratistas y clientes. Esto, porque para lograr un manejo exitoso, se debe ver el proceso de cadena de suministro como un todo.

El sistema WMS busca optimizar tanto el espacio de la bodega como los movimientos que se realizan dentro de ella. Tener un sistema que la gestione y dividirla por zonas va a permitir a quienes la administren tener un control más claro de la ubicación de los productos que por ahí pasan, sean materias primas o terminadas, listas para salir a punto de venta.

Algunas ventajas de estos *softwares* de gestión de bodegas son:

- Gestionar movimientos de todo tipo de materiales: materias primas, de empaque, producto en proceso o terminado, órdenes de recepción de mercancías y recepción de mercancías como tales.
- Ser un sistema adaptable a cualquier sector: fabricantes, centros de distribución, proveedores de servicios de logística.
- Ahorrar espacio dentro de las bodegas, ya que optimiza el espacio del almacén, dividiéndolo por zonas, eliminando inventario excesivo, adecuando los espacios de almacenamiento de acuerdo con el tamaño de los *pallets* y permitiendo ganar altura en las estibas.
- Tener un control más ágil y preciso de la cantidad de producto que se tiene almacenado y sus posiciones.
- Agendar la llegada y salida de camiones a los andenes.
- Asignar tareas por zona del almacén.

Según estudios realizados, se logrará: ahorro en tiempos de entrega, niveles de exactitud en manejo de inventarios en un 99,5%, aumento de productividad, ganancia en espacio de entre un 10% y un 20%.

Todo esto se traduce en ahorro de dinero para las empresas y en factores que las llevarán a considerar un *software* de gestión de bodegas para hacer más eficiente su proceso; incluso, las empresas que lo han implementado, después de terminar el proceso y ver resultados, lo recomiendan, por los ahorros alcanzados.

A continuación, se detallan las desventajas de implementar un sistema de gestión de almacenes:

- El costo varía según las ofertas del mercado: puede ser bajo o alto, dependiendo de la complejidad del servicio que se requiera.
- Depende del sistema que se elija: podría ser un requerimiento tener información no disponible en la empresa, tal como: dimensiones de las cajas y posiciones por almacenar, peso de los productos, si se pueden almacenar unos productos cerca de otros o no, o si se pueden apilar.
- Se debe definir qué tecnología adicional va a acompañar este *software*: códigos de barra, *chips* RFID (transmisión por radiofrecuencia). Se necesitarían, entonces, radios y transmisores o, bien, si se van a hacer ingresos manuales de las mercancías. Esto podría incrementar el costo.
- La implementación del sistema, si trae un cambio importante en la cultura de trabajo de la empresa, puede traer dificultades al capacitar a los empleados.

Existen desarrollos caseros o *in-house* que pueden cumplir con el requerimiento de un sistema de gestiones de bodegas. Entre sus bondades está manejar diferentes niveles de complejidad en un sistema de WMS, porque los desarrollos en casa tienen la gran ventaja de personalizarse para procesos muy particulares o para aquellos cuya gestión de almacenes no sea la tradicional. Sin embargo, no es aplicable para bodegas muy complejas o con operaciones multinacionales grandes y con muchos movimientos.

Entre los sistemas de WMS más conocidos actualmente están los siguientes:

Cuadro 1: WMS más conocidos

Sistema	Evaluación (de 0 a 5)	Precio (de 0 a 5)	Recomendado (de 0 a 100)
Fishbowl Inventory	4	1	76%
3PL Central	4	1	78%
Lead Commerce	4,5	2	91%
Latitude WMS	5	3	96%
Wireless Warehouse in a Box	4,5	4	88%
Apprise	4,5	4	85%
Snapfulfil	4,5	1	85%
Synapse	4,5	2	94%
Enterprise WMS and Interchange	5	1	97%
LA Warehouse Management System	5	2	95%

Fuente: Harris, D. (17 de febrero, 2017). *Compare Warehouse Management System Software*. Recuperado de www.softwareadvice.com

Para implementar este *software*, se necesita una adecuada planificación, ya que generalmente significa un impacto para toda la organización, no solamente para el departamento de logística.

Una vez definido el sistema WMS que se va a implementar, se debe contar con un servidor, un administrador de bases de datos, redes inalámbricas, pistolas o *handhelds* y terminales de radiofrecuencias para lectura de códigos de barras. Ninguno de estos sistemas va a eliminar del todo a las personas que manejen el sistema, por el contrario, su éxito está sujeto a la buena capacitación del personal.

Un ejemplo de un caso exitoso en la implementación de un sistema WMS es la fábrica de zapatos mexicana Flexi, la cual tiene en el mercado más de 75 años, diseñando, fabricando y distribuyendo zapatos de cuero.

Actualmente, Flexi produce alrededor de 14 millones de pares de zapatos al año y se abastece de materias primas de diferentes partes del mundo, por lo cual su logística es complicada. Dicho material se distribuye a sus diferentes fábricas, que son aproximadamente 30 y, una vez producidos los zapatos, se deben enviar a un centro de distribución, a partir del cual van a los puntos de venta.

Entre los objetivos que tenía Flexi al decidir cuál sistema de WMS utilizar estaban mejorar el proceso de surtido de materias primas, incrementar la confiabilidad del inventario, contar con información en tiempo real, garantizar un excelente servicio al cliente, tener mayor flexibilidad en el uso de las ubicaciones y medir la productividad por usuario y proceso.

Para lograr estos objetivos, Flexi se alía con la empresa Netlogistik, para implementar el sistema de administración de almacenes. (Netlogistik, <http://www.Netlogistik.Com/Casosdeexito/Flexi.pdf>).

NetLogistik es una compañía latinoamericana que nació en el 2000, teniendo como objetivo proveer servicios y soluciones de valor para la cadena de suministro a través de tecnología de vanguardia. Entre sus objetivos está proveer a las empresas de resultados rápidos y duraderos, como los siguientes: reducción de costos operativos, mejoras en los niveles de servicio e incremento de la productividad a través de un portafolio completo y robusto de soluciones tecnológicas para logística. (Netlogistik, <http://www.Netlogistik.Com/Casosdeexito/Flexi.pdf>).

Entre las cosas que aportaba netLogistik, y que fueron diferenciadoras para Flexi al elegir sus opciones, estaban costos accesibles de licenciamiento, implementación y cambios por realizar, además de soporte de expertos los 365 días del año.

Una vez concluido el proceso de implementación, Flexi logró tener un mejor control de los diferentes procesos que lleva a cabo, incrementando considerablemente su productividad. Por medio de conteos cíclicos, se ha logrado mantener una confiabilidad del inventario mayor al 99.5%, además de que cuenta con información a tiempo real, permitiendo una adecuada trazabilidad. Se mejoró el servicio al cliente y se incrementaron las ventas totales de la compañía. (Netlogistik, <http://www.Netlogistik.Com/Casosdeexito/Flexi.pdf>).

3.3.2. Códigos de barras

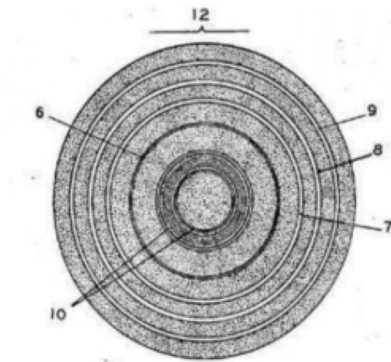
El origen del código de barras data de 1932, cuando un grupo de estudiantes de Administración de Empresas de la Universidad de Harvard propusieron a los clientes seleccionar la mercancía de un catálogo perforado que,

posteriormente, se llevó a un lector de tarjetas. Posteriormente, la mercancía era llevada desde el almacén hasta la caja.

El código de barras moderno comenzó en 1948, gracias a miembros de una cadena de restaurantes que investigaron para crear un sistema que leyera automáticamente la información de cada producto.

Silver, quien era graduado del Instituto de Tecnología de Drexel en Filadelfia, en conjunto con Woodland, profesor de posgrado en la misma universidad, trabajaron juntos en el diseño del código de barras. El primero era como un ojo de buey, como se muestra en la imagen a continuación.

Imagen 1: Primer código de barras “ojo de buey”.



Fuente: Woodland, N.J. (1952).

Woodland y Silver solicitaron la patente en 1952 y, para 1967, se instaló uno de los primeros sistemas de escaneo de códigos de barra en una tienda Kroger en Cincinnati.

El primer caso real del uso de códigos de barras a nivel industrial fue en 1981, cuando el Departamento de Defensa de Estados Unidos aprobó el #39 para marcar todos los productos vendidos a los militares de Estados Unidos. Este sistema fue llamado Logmars y aun es usado por el gobierno estadounidense. (Código Zen, 2012).

El código de barras es una imagen que identifica a un producto de manera estandarizada y única en todo el mundo; está compuesto por barras claras y oscuras y tiene dígitos en la parte inferior.

Existe una variedad de códigos de barras: EAN, 128, 39, 93 y Codabar. El más común es el EAN International (del Uniform Code Council), el cual encontramos en los empaques en los anaqueles de ventas en los supermercados.

Los códigos de barras se dividen en dos grupos: lineales y de barras dimensionales. Para administrar almacenes, es el código de barras lineal el usado.

Los códigos de barras lineales están compuestos por un código alfanumérico o solamente numérico y una representación gráfica, parte que permite su captura a través de un dispositivo lector. Estos códigos permiten información hasta en 20 caracteres y, como mencionamos, su lectura es fácil y permite identificar un producto en cualquier parte del mundo. (Código Zen, 2012)

El código más común es el EAN 13, constituido por 13 dígitos y con una estructura dividida en cuatro partes:

- Los primeros cuatro dígitos corresponden al país que otorgó el código, no necesariamente el de origen.
- Código de país donde radica la empresa, esos son tres dígitos.
- Código de empresa, que son cuatro o cinco dígitos, el cual identifica al propietario de la marca.
- Dígito de control: es uno solo y es el último que compone el código de barras. (Código Zen, 2012)

A continuación, se presenta el ejemplo de un producto identificado con código de barras EAN13:

Imagen 2: Código de barras lineal



Fuente: Grupo Ecologista Parque Balneario Jaureguiberry, (2002).

El código de barras se usa no solamente en bodegas para identificar características de un producto y sus posiciones, sino también a nivel mundial, como un identificador único para cada producto.

GS1 creó un modelo para estandarizar los procesos de identificación de productos y gestión comercial que existe desde el 2006 y se utiliza en más de 140 países.

El otro tipo de código es el QR (por sus siglas en inglés, de “quick response”). Este es un módulo para almacenar información inventado en Japón, donde más se utiliza. Fue creado en 1994 por una compañía subsidiaria a la Toyota: Denso Wave.

El QR nació para registrar repuestos en el área de fabricación de vehículos, pero hoy es utilizado en diferentes industrias para el control de inventarios. Además, los teléfonos móviles cuentan con aplicaciones que pueden leer dicho código, lo que lo ha vuelto más enfocado en los consumidores.

El QR tiene una capacidad de almacenamiento como sigue:

- Datos alfanuméricos: máximo, 4296 caracteres.
- Datos numéricos: máximo, 7089 caracteres.
- Datos binarios: máximo, 2953 caracteres.
- Kanji, a todo lo ancho: máximo, 1817 caracteres. (Media Q, 2013)

Este es un ejemplo de cómo luce un código QR:

Imagen 3: Código QR



Fuente: Media Q, (2013).

Aunque este código de barras es muy usado a nivel mundial y ha tomado fuerza en los últimos años, es el lineal el más utilizado y, por tanto, de este vamos a analizar las ventajas y desventajas de su aplicación.

Ventajas de usar el código de barras lineal:

- Reducción de plazos de entradas y salidas de *stocks*.
- Más facilidad de reposición.
- Permite ubicar los productos dentro de la bodega de una manera más rápida.
- Optimiza el tiempo del *picking*, porque tenemos claras las ubicaciones.
- Control de inventario más fácil y en tiempo real.
- Eliminación de errores, debido a que no se hace ingreso de datos manual.
- Posibilidad de dar seguimiento al producto durante todo el proceso de la cadena de suministro.

Desventajas del código de barras: lineal

- Método de lectura: necesita una verificación visual directa.
- Velocidad de lectura es inferior a la tecnología RFID (identificación por radiofrecuencia), la cual será detallada más adelante.
- Costo inicial: si la empresa aun no lo tiene implementado, el costo inicial para introducirlo es elevado.
- Requerimientos de impresión: impresoras de matriz de puntos y las de chorro a tinta no pueden imprimir códigos de barra de buena calidad, por lo que se requiere invertir en unas especializadas. (Código EAN, 2011)

Los códigos de barras tienen información que describe un producto o servicio, su localización y características. Estas deben encontrarse en una base de datos. Para su funcionamiento, se necesita de un lector, esto es, un equipo que, al escanear el código, nos permite acceder a esta base de datos donde se encuentra la información referente al producto grabada en el código de barras.

Para entender cómo funciona un lector de códigos de barras, tenemos que saber que existen dos componentes. El escáner ilumina el símbolo y examina su reflexión, además del foto detector del dispositivo, el que mide la luz reflejada y la convierte en una señal que envía al decodificador.

Decodificador: recibe la señal digitalizada por el *software* de trasmisión y la transforma en una señal binaria para esta completar el mensaje.

Existen diferentes tipos de lectores:

- Portátiles: el lápiz óptico, la pistola lectora, el Charged Couple Device (CCD) y el láser omnidireccional.

- Fijos.

Instalar esta tecnología en una bodega es de una inversión baja, ya que solamente se necesitan lectores de códigos de barras inalámbricas, idealmente, impresora para dichos códigos y un *software* de inventarios. Comparada con tecnologías más innovadoras y eficientes, esta implica una inversión inicial no tan alta, al alcance de muchos usuarios.

Actualmente, en almacenes de nuestro país, se utiliza la tecnología de código de barras para identificar las cargas y sus posiciones dentro de la bodega. Cuando las cargas ingresan, se pesan y se imprime una etiqueta con la información básica necesaria, tal como: peso, tipo de mercadería, cliente, posición donde se va a almacenar y alguna otra de interés para su manejo dentro del almacén.

Cuando el cliente va a hacer el retiro de la mercadería, se debe enviar a otra parte de la bodega o, bien, a algún punto de venta. Mediante el código asignado, se puede identificar su posición para movilizarlo de acuerdo con las necesidades presentadas.

3.3.3. Sistemas de almacenaje robotizado

Estos se componen de sistemas de robótica y *software* avanzado, entre sus principales ventajas tenemos: mejorar la operación en los almacenes, aumentar la rapidez y la fiabilidad de la gestión de mercancías y reducir costos en la gestión.

Aunque este tipo de tecnologías requieran de un *software* avanzado, su manejo es sencillo para cualquier operario. Con la implementación de estas tecnologías, la empresa va a ganar: rapidez, precisión, organización, alto rendimiento y total fiabilidad.

El almacenaje robotizado es una solución fiable, pues minimiza los errores en la manipulación de las unidades de carga. Permite mejorar tiempos de respuesta, ya que se puede tener el control del inventario de forma inmediata. Otra de sus ventajas es que permite sacarle un mejor provecho a la bodega, ya que reduce las áreas de trabajo y permite ganar altura.

Así, convierte la bodega en un lugar más seguro, pues los operarios no trabajan dentro de los pasillos, lo que minimiza el riesgo de accidentes.

Adicionalmente, nos permite tener la bodega trabajando en horarios más amplios, con flujos continuos y alta productividad en la entrada y el almacenamiento de carga.

El almacenaje robotizado reduce los costos de personal, ya que no se va a requerir gente almacenando carga ni administrando, tampoco acomodadores.

No tener acomodadores también ayuda en el mantenimiento del equipo, ya que los operarios no golpearán tanto las estanterías ni los apiladores.

Dentro de los sistemas de almacenaje automático tenemos dos tipos: estanterías para cargas unitarias *uniload* o *miniload*. La primera es para cargas de almacenamiento individual de unidades de carga de forma automática. Por su

parte, la segunda está diseñada para almacenar cargas pequeñas y ligeras con mucha rotación en altura de forma automática. Este sistema es rápido, lo cual aumenta la frecuencia de uso de cada posición.

Los movimientos físicos que se hacen dentro de estas bodegas son hechos por unos equipos llamados transelevadores. El número de los que se van a ocupar en cada bodega va a depender de la cantidad y la frecuencia de las operaciones y de los tiempos de respuesta de la instalación.

Los transelevadores son equipos de manutención que realizan simultáneamente movimientos de translación y elevación, para situarse a la altura desde la cual tienen que efectuar la operación de apilado o recuperación del *pallet* almacenado.

El sistema funciona a través de un procesador central, especialmente programado, el cual se encarga de dar las órdenes a los transelevadores, con el fin de optimizar todos los movimientos físicos dentro del almacén. Estos, a su vez, están conectados a un *host* de la empresa, donde se reciben las órdenes para procesar las diferentes transacciones del almacén.

Imagen 4: Traselevador en una bodega automatizada



Fuente: Mecalux, (2010).

La eficiencia que se logra al automatizar un almacén alcanza resultados impresionantes, no solo a nivel de eficiencia, sino de seguridad.

Según un estudio realizado en la Universidad de Virginia Tech sobre el manejo de cargas en un almacén, “los conductores humanos tienen una media de 4,2 accidentes por cada 1.6 millones de kilómetros rodados, mientras que los coches autónomos reducen esa cifra a una cuarta parte: a 3,2 accidentes por cada 1.6 millones de kilómetros.” (Giusti, 2016)

Los transelevadores son capaces de trabajar a una velocidad de hasta 150 movimientos por minuto, en desplazamiento horizontal, y de 40 movimientos por minuto, en el vertical, lo que nos permite hacer más movimientos por minuto y ahorrar tiempo o, bien, hacer más turnos diarios.

Este sistema distribuye la carga dentro de las estanterías del almacén de acuerdo con su mapa, de tal manera que trasmite las órdenes a los traselevadores mediante un sistema de coordenadas para indicarle la posición en la cual se tiene que situar; a su vez, este permite que la operación se controle mediante un modo de reconocimiento, a través de rayos infrarrojos o técnicas similares a esta. (Noega Systems, 2015)

El nivel de inversión requerido para este tipo de tecnologías es elevado en el caso de instalaciones más convencionales y menos automatizadas, ya que requeriría una inversión inicial mucho más elevada. No obstante, no se debe olvidar que la inversión sería justificada con la mayor productividad alcanzada, así como por la mejor utilización del espacio disponible.

Ventajas de usar una bodega robotizada:

- Ahorro de espacio: los pasillos serían mucho más angostos; se proyecta que se necesitaría la mitad del espacio requerido en comparación con otras instalaciones convencionales. Esto, a la vez, nos incrementa la capacidad de almacenamiento.
- Mejora la seguridad en la función de almacenamiento, ya que no se exponen las mercancías a robos.
- Mejora la rotación del *stock*: es posible tener ciclos de almacenamiento y *picking* muy pequeños, permitiendo una gran cantidad de movimientos diarios simultáneos en diferentes turnos de trabajo.
- Se disminuyen costos operativos, ya que se necesita menos personal.
- Permite tener un mejor control del inventario.
- El mantenimiento de los anaqueles y los pisos es menor, ya que el tráfico disminuye y los anaqueles no se ven expuestos a golpes.
- Gestión automática de almacenes: estos son controlados directamente desde una computadora, donde se pueden consultar, en todo momento,

los movimientos realizados por un periodo de tiempo, las existencias, los costes operativos, entre otros.

Una restricción en este tipo de tecnologías es que, lograr almacenar cualquier tipo de mercancías, se debe ajustar a unas características estándares muy rigurosos de “paletización”.

Entre sus desventajas tenemos:

- Al montar el proyecto, su alcance y horizonte en el tiempo tiene que ser muy bien fundamentado, ya que en un futuro aumentar su capacidad no será una tarea sencilla.
- Alto costo de inversión, principalmente porque intervienen varias especialidades en su proceso de construcción.
- Gastos de mantenimiento para los robots.
- No se desempeñan bien cuando no existe gran volumen de producto por almacenar.

Requerimientos para tener un almacén robotizado:

Las unidades de carga deben cumplir con un estándar de calidad en cuanto a dimensiones y pesos, para ello, se deben someter a un control a la entrada que compruebe las características físicas.

Es necesario definir los sistemas de organización e identificación de productos, *pallets* y técnicas de *picking*. Por ello, se debe realizar un estudio antes de implementar dicha tecnología.

Es necesario tener disponible el dinero para hacer la inversión, ya que es más elevada que para un sistema convencional; además, se deben tener planes de mantenimiento preventivo, muy estructurados, para evitar tener que parar la operación del almacén por averías. (Zonalogistica.com, 2014)

La empresa para distribución de alimentos española Mercadona fue fundada en 1977, por el grupo Cárnicas Roig. Mercadona es líder en el segmento de supermercados en España. Actualmente, emplea a más de 74.000 trabajadores, en un total de 1521 tiendas.

Mercadona, en España cuenta con 13 bloques logísticos y tres almacenes satélites en todo el territorio. Inauguró su primer bloque logístico automatizado en el 2007 y se le fueron uniando otros en varias localidades, tales como Barcelona, Valencia, Granada, León y, 10 años después, va a replicar el modelo en el nuevo bloque logístico que está desarrollando este año.

El modelo de trabajo de Mercadona ha llamado la atención de empresas estadounidenses y de toda la Unión Europea, no solamente españolas. Según comenta el gerente de logística, Oriol Montanyá, para el periódico *El Mundo* (2016):

Su modelo de almacén inteligente permite eliminar cualquier tipo de manipulación y sobreesfuerzos innecesarios por parte de los trabajadores, lo que contribuye a prevenir el riesgo de accidentes laborales y, además, incrementa la productividad y eficiencia.

Entre las ventajas que señala Mercadona con el *software* de automatización está que las máquinas son capaces de “despaletizar” los envíos de los fabricantes y organizar los pedidos para las tiendas en *palets* multireferencia, sin necesidad de que los empleados tengan que estar cargándolos. Lo anterior, además, les ha traído ahorros en sus tiempos operativos.

La meta de la empresa es transportar cada vez más mercadería con menos recursos y esto lo está logrando con las bodegas automatizadas.

Sus bodegas de producto congelado, en las cuales se manejan temperaturas de menos 23 grados centígrados, son completamente automatizadas, de modo que no se expone al personal a esas bajas temperaturas.

Otras ventajas enfocadas en la población, que se derivan de esta bodega automatizada, son que permite contratar más mujeres, pues no se necesita alzar cargas pesadas para moverlas dentro de aquella; además, como es segura, se evita el tránsito entre los estantes o zonas donde se mueven los camiones para carga y descarga de mercancía. (20minutos, 2016)

3.3.4. Identificación por radiofrecuencia (RFID)

La tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID, por sus siglas en inglés) tuvo sus primeros usos en el campo militar, concretamente en la Segunda Guerra Mundial, siendo utilizada por los británicos para identificar las aeronaves aliadas.

Esta tecnología se utiliza para identificar un elemento, seguir su ruta y calcular distancias gracias a una etiqueta que emite ondas de radio, la cual se encuentra incorporada al objeto al que se quiere dar seguimiento.

La etiqueta está formada por un transpondedor o trasmisor, un *chip* conectado a una antena inalámbrica. Entonces, un dispositivo receptor lo lee, captura y transmite su información. Ahora, no es necesaria una línea directa de visión para que el escáner pueda leer la etiqueta. Esto hace que las posibilidades de escaneo sean extremadamente eficientes y rápidas. (ScanSource POS and Barcode, 2014)

Existen tres categorías de etiquetas RFID:

- Etiquetas de solo lectura, que no se pueden modificar.
- Etiquetas de una sola escritura, pero muchas lecturas.
- Etiquetas de lectura regrabables.

Sin embargo, existen dos familias principales de etiquetas RFID:

- Activas: conectadas a fuentes de energía interna (batería), las cuales mejoran la portabilidad, pero a un alto costo y con una duración restringida. Existe algunas de larga duración, de litio o dióxido de magnesio, que pueden durar hasta 10 años.
- Pasivas: utilizan energía que se crea a una distancia corta a través de la señal de radio del trasmisor. Estas etiquetas son más económicas y, por lo general, más pequeñas, con una duración prácticamente ilimitada. Su desventaja es que requieren de una importante cantidad de energía específica de parte del lector para funcionar. (CCM.net, 2017)

Entre los principales usos de la tecnología de RFID tenemos: gestión de inventarios, rastreo de activos, procesos de identificación y sistemas de pago con tarjeta de pasada rápida.

Ventajas:

- Las etiquetas de RFID pueden colocarse dentro de un objeto, por lo que no están sujetas a desgaste, como sí pasa con las etiquetas de código de barra tradicionales, las cuales se colocan sobre superficies.
- Esta tecnología permite la transferencia bidireccional de datos. Las etiquetas se pueden escribir y añadirse más adelante para el rastreo de aquellos, así como leerlas para extraer datos.
- Tiempo más rápido de lectura, en comparación con escáneres de códigos de barras.
- Se pueden leer múltiples etiquetas al mismo tiempo, volviéndolo más eficiente.
- No es necesario tener una visualización directa para leerlas.

Desventajas:

- Su principal desventaja es que se debe hacer una inversión inicial muy alta para implementarlas, ya que hay que comprar etiquetas, impresoras, lectores y antenas.
- Hay defectos al leer, en diferentes tipos de productos o materiales. (ScanSource POS and Barcode, 2014)

El doctor Ken Cotrill (consultor de comunicaciones globales, del MIT Center for Logistic Transportation), en su reporte “Transformando el futuro de la cadena de suministros mediante innovación disruptiva indica que “algunos profesionales

del sector consideran que la tecnología debe enfocarse en los dos inconvenientes más importantes que han obstaculizado la implementación de RFID: costos elevados y baja precisión.” (Zona Logística, 2013)

Al ser una tecnología cara de aplicar, es más utilizada en industrias donde el producto es costoso en sí y aplicar una etiqueta de RFID más bien es un porcentaje no diferenciador, en comparación con el costo del producto, por ejemplo, teléfonos celulares.

Actualmente, encontramos la tecnología RFID aplicada a los siguientes campos:

- Control de acceso a edificios u oficinas, conteo de personas en aeropuertos, estaciones y eventos masivos.
- Identificación de personas y animales.
- Trazabilidad de procesos alimentarios.
- Llaves de automóviles.
- Captura de datos.
- Peajes en autopistas como el *quick pass*.
- Logística y cadena de suministro, que es de nuestro mayor interés. (Blog Conduce Tu Empresa, 2012)

Un ejemplo sencillo del uso de tecnología RFID es el de los peajes, donde los automóviles tienen una etiqueta que es leída por una antena para emitir la señal correspondiente, lo cual genera el cobro del peaje. Asimismo, se utilizan en condominios residenciales, donde la antena, al hacer la lectura, permite el ingreso de los automóviles.

Imagen 5: *Tecnología RFID*



Fuente: NUO Tecnológica, (2011).

En el caso de cargas, se observa, en la imagen siguiente, que cada uno de los productos en la caja lleva una etiqueta RFID y el operador, al pasar por debajo de la antena, esta tiene la capacidad de leer las etiquetas de cada uno.

Imagen 6: RFID en manejo de productos en una bodega



Fuente: Demarka, (2012).

Un ejemplo exitoso en el uso de etiquetas RFID es el gigante Walmart, el cual siempre ha sido un ejemplo de éxito en gestión de cadena de suministros.

Actualmente este líder maneja alrededor de once mil tiendas en 27 países alrededor del mundo y gestiona un inventario, nada conservador, que según un artículo publicado en por GS1 Perú, en el año 2016, es de aproximadamente treinta y dos billones de dólares.

Walmart establece alianzas estratégicas con sus proveedores, lo que le permite asegurarse el abastecimiento de productos de acuerdo con sus necesidades, al tiempo que se requieren, ya que existe un sistema de comunicación expedito con sus proveedores.

En los años más recientes, Walmart implementó el uso de etiquetas de identificación de radiofrecuencia (RFID), para rastrear el movimiento del producto a distancia, permitiendo tener conocimiento de su localización durante toda la cadena de suministro. Esto, porque el inventario debe ser de conocimiento tanto para el proveedor como para la compañía.

Esto ha provocado que los proveedores de Walmart no solamente las utilicen para los productos que son entregados, sino también para manejar sus otras líneas de productos y sus propias bodegas.

De acuerdo con un estudio realizado por la Universidad de Arkansas, citado en el artículo de GS1 (2016), existió “una reducción de aproximadamente un 16% en problemas de falta de existencias desde que Walmart incorporó el uso de RFID en su cadena de suministros.”

Walmart ha sido siempre pionero en buscar tecnología de vanguardia en manejo de inventarios, para implementarla en su logística y lograr ventajas, tales como: lograr mejores costos de producto, reducción en costos por manejo de inventario, mejorar la variedad y selección de productos en sus puntos de venta y ofrecer un precio más competitivo a sus clientes.

Por su parte, en el 2011, la empresa Grupo Éxito en Colombia implementó un proyecto de RFID con la empresa consultora LGOyCA y su Centro Latinoamericano de Innovación (CLIA), acompañados por GS1, con lo cual alcanzaron resultados también impresionantes. (Zona Logística, 2014)

Luis Fernando Castañeda (jefe del Departamento de Control de Pérdidas del Grupo Éxito) asegura que “luego de una prueba de tres meses con RFID los costos de manejo de inventario se redujeron en un 93% y las mermas en un 60%.” (Zona Logística, 2014)

3.3.5 Control de sistema por voz

El sistema por voz comenzó a desarrollarse como una tecnología militar de Estados Unidos antes de la Segunda Guerra Mundial y durante la Guerra Fría; posteriormente, se trasladó a sectores civiles.

Hoy, esta tecnología está en el diario vivir de las personas, trabajen o no en logística, como asistentes en nuestros teléfonos inteligentes. Uno de los ejemplos más conocidos es el asistente SIRI para el sistema operativo iOS de los Iphone.

Empresas tales como Walmart, UPS, Ford y Mitsubishi utilizan en sus centros de distribución la tecnología de voz, para algunas de las siguientes funciones:

- *Picking* de cajas completas.
- *Picking* de unidades sueltas.
- Aseguramiento de la calidad.
- Recepción, separación y control de cantidad.
- Reaprovisionamiento de zonas de *picking*.
- Inventarios cíclicos y aleatorios.

El sistema por voz es una tendencia novedosa que consiste en la posibilidad de armar pedidos a partir de órdenes verbales que provienen de un sistema. Su implementación es mucho más sencilla de lo que parece.

El sistema de *picking* trabaja de manera directa con el de gestión de bodega que ya tenga la empresa. Las órdenes que el sistema de gestión de almacenes le envíe al operador son convertidas a comando de voz mediante un sistema traductor. El operador trabaja con auriculares y micrófono, recibiendo instrucciones para realizar su trabajo y respondiendo mediante voz el resultado de las instrucciones obtenidas. (Revista Enfoque Logística, 2013)

Este sistema tiene una serie de ventajas, tales como las siguientes:

- Diseño ergonómico y seguro: el sistema de control por voz permite al operador tener las manos libres para trabajar y desplazarse por el almacén de una manera más segura, ya que puede concentrarse en observar los productos y medir su traslado. En este sistema, aquel no tiene que digitar información. La comunicación es a través de un auricular con micrófono.
- Capacitación rápida y fácil: aprender a usar este sistema requiere de una capacitación rápida, en la cual operador por operador registra su voz. La herramienta tiene un uso limitado de palabras, por lo cual se determinan comandos tales como: “cerrar *pallet*”, “próxima ubicación”, entre otros. El entrenamiento se trata de que aquel practique cómo decir las palabras para que sean reconocidas por el sistema.
- Medición de la eficacia del personal: a diferencia de los sistemas tradicionales, esta tecnología permite medir el rendimiento de cada

operador: el tiempo que tardó en moverse de una posición a otra y en ejecutar las tareas.

Desventajas del control por voz:

- Olvido de los comandos clave y, por lo tanto, pérdida de tiempo.
- Laborar en un ambiente muy ruidoso, por lo que cuesta escuchar a quien da el comando.
- Que el operador tenga alguna enfermedad que no le permita o le limite la comunicación. (Andrade, J, 2014)

Como vimos, la implementación de esta tecnología no es compleja, ya que se integra al sistema de administración de bodegas que tengamos implementado y emite las órdenes por voz. Sin embargo, se debe tener el *software* para programar los comandos por voz y los auriculares que van a utilizar los operadores para recibir los comandos y decir los correspondientes, conforme vayan cumpliendo las tareas.

Como se observa en la Imagen 7, el operador tiene las manos libres y un auricular por el cual se le indica la posición a la que debe de ir, así como la caja o cajas que debe recolectar.

Imagen 7: Auricular para comandos por voz



Fuente: The Numina Group. (2016).

3.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de los datos

La recolección de datos se realizará por medio de investigación documental a través de las fuentes detalladas en la bibliografía de este estudio. Adicionalmente, se harán entrevistas informativas a diferentes profesionales en la materia, ahondando en las herramientas y metodologías utilizadas en la actualidad, así como en los diferentes problemas que se generan en el día a día.

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Soluciones para la gestión eficiente de almacenes

Las diferentes soluciones tecnológicas detalladas suelen implementarse o combinarse, de la mano de los requerimientos y el giro de negocio en el que el proceso operativo se desarrolla.

Rafael Hernández Muñoz (2005), en su libro *Logística de Almacenes*, menciona sobre la amplitud del alcance de la tecnología aplicada en la gestión de almacenes:

La tecnología de almacenamiento abarca la forma de conservación de los inventarios, las operaciones de transporte interna, los sistemas de almacenamiento y desplazamiento de los flujos de carga y la mecanización o automatización de los trabajos de índole operativo-organizativo, así como la organización integral de la actividad.

Las mismas industrias y, en algunos casos, los mecanismos de control gubernamentales generan lineamientos básicos que inciden en el nivel de calidad de servicio de cada proceso; por ejemplo, los niveles de trazabilidad sobre el producto son superiores en industrias donde la logística inversa es requerida.

Todo lo anterior resulta en niveles diferentes de control en la gestión de almacenes y, por tanto, en necesidades proporcionales para la inversión requerida en dichas funciones.

4.1.1. Sobre la gestión general de la bodega

La administración de un almacén requiere elementos básicos que, independientemente del tamaño de la empresa, se deben considerar para una gestión eficiente.

Un elemento fundamental para lograr un control adecuado de cualquier bodega es el sistema de información. En el pasado, un sistema WMS podía ser considerado como una inversión inalcanzable para muchas empresas. Sin embargo, en la actualidad el mercado de la tecnología ofrece múltiples opciones para administrar una bodega, considerando un sinnúmero de complejidades y los requerimientos de las diferentes operaciones.

Según se detallará en apartados posteriores, existen diferentes criterios básicos para la selección del WMS idóneo de cada operación. Es importante romper el paradigma de que solo las empresas grandes pueden tener uno.

Asimismo, en primera instancia, se deben descartar todos los sistemas de información que ofrezcan cargas de datos en diferido. Considerando los avances tecnológicos de la última década y la facilidad de conectividad que ofrecen los diferentes proveedores de Internet, así como la diversidad de ofertas de redes inalámbricas e internas de datos, es indispensable conceptualizar la gestión de la bodega en un esquema diferente al tiempo real.

4.1.1.1. Sistema WMS

La selección del WMS es, sin duda, una de las principales decisiones para determinar el nivel de detalle de la gestión del almacén. Esta decisión también enmarcará e, incluso, podría restringir las tecnologías y soluciones complementarias para la administración de la bodega.

Es indispensable conocer los siguientes aspectos del negocio, de cara a realizar la selección del WMS idóneo:

- i. **Complejidad de la operación.** La cantidad de materias primas, artículos o *sku*² manejados en el proceso usualmente brindan claridad en cuanto al nivel de complejidad de la operación. Sin embargo, se recomienda considerar la cantidad de movimientos realizados en un período determinado, contemplando ingresos de mercadería, salidas y cambios de localización en la bodega.

- ii. **Tipo de productos que se manejan en el proceso.** Es básico tener clara la industria en que se desarrolla el proceso, para determinar los requerimientos elementales que debe tener el sistema y el manejo de las materias primas, artículos o *sku*. En algunos casos, se requiere manejar información, por ejemplo (y no exclusivamente), de fechas de ingreso y caducidad, trazabilidad, facilidades para realizar logística inversa de productos colocados en el mercado, tiempos máximos de proceso, diferentes presentaciones, entre otros. Todas estas características del

² Se define la Stock Keeping Unit (*sku*) como el identificador único utilizado comercialmente a nivel de gestión de almacenes, para el manejo y la trazabilidad de productos con diferentes características.

proceso y de la industria deben ser conocidas con claridad antes de seleccionar el WMS.

- iii. **Características del proceso e interacciones con otros sistemas.** Estos últimos aspectos son limitantes indispensables para considerar el tipo de WMS por seleccionar. Existen diferentes procesos que, por su índole, requieren interacción entre sistemas de información que, si bien pueden resolverse con interfaces personalizadas, podrían limitar la selección de muchos WMS en el mercado. Para procesos cuyo nivel de especialización en la operativa sea muy alta o, incluso, para aquellos que resulten medulares y diferenciadores para la empresa, se recomienda considerar desarrollos de WMS en casa o *in-house*.

Aventurarse en estos desarrollos requiere de un nivel avanzado de conocimiento de los procesos y un equipo de desarrollo de sistemas de información que cumpla con las normas técnicas de esa rama de la ingeniería.

Si bien poca bibliografía recomienda dicha metodología, la experiencia de algunas empresas y proyectos exitosos respalda que los resultados de una buena implementación pueden ser impresionantes.

Adicionalmente, es necesario considerar las flexibilidades requeridas de interacción con otros sistemas y tecnologías, para que la selección del desarrollo *in-house* sea una alternativa viable. Como aclaración, según se detallará posteriormente, no necesariamente esta sea la alternativa más económica.

4.1.1.2. Dispositivos para la gestión del almacén

De la mano con los criterios de selección del WMS y considerando la compatibilidad del sistema de información seleccionado, los criterios a fin de escoger los dispositivos para la operación deben ser, al menos, los detallados a continuación:

- i. **Nivel de rigurosidad del proceso.** La inversión en tecnología y la solución implementada deben ser congruentes con las características de los procesos, el valor de los *sku* manejados en el almacén o la necesidad de cumplir con cierto nivel de rapidez y seguridad. Estos procesos, cuyo nivel de exigencia es superior, deben manejarse con tecnologías de punta. Solo así se llegará a satisfacer las necesidades de los clientes, sin poner en riesgo la continuidad del negocio.
- ii. **Complejidad de la operación.** Si el volumen de transacciones y la exactitud de la trazabilidad de ellas es crítica, se deben considerar soluciones robustas en cuanto a automatización. Estas suelen requerir un sistema más complejo para la gestión de la bodega y herramientas de mayor tecnología.
- iii. **Capacidad de inversión de la empresa en temas de tecnología.** Los criterios anteriores son de absoluta validez, sin embargo, deben basarse en la capacidad de la empresa para implementar la solución adecuada, considerando el retorno de la inversión en su operativa. Si bien lo ideal podría apuntar a una solución de gestión de almacenes muy compleja, el presupuesto de inversión será lo que determine la herramienta seleccionada.

Considerando las diferentes soluciones planteadas en la sección 3, a continuación, se analizan los criterios de selección para los diferentes tipos de operación enlistados en orden creciente, bajo lineamientos regulares de complejidad y costo:

- a. **Código de barras.** Solución de mayor adaptabilidad a prácticamente cualquier WMS, independientemente de su complejidad o del proceso. Si bien consta de poca información, permite un registro rápido y efectivo de los datos, según se expuso en la sección anterior. Por ser una solución de menor costo y de facilidad de adaptación a los procesos, se recomienda para el manejo y la gestión de actividades de bajo-medio volumen de transacción y complejidad media.

Aunque es altamente efectiva, por el nivel de dependencia del factor humano que ejecuta la actividad, ésta no es una solución recomendada para procesos que requieran un control del 100% de efectividad o para el manejo de artículos o *sku* de un valor muy elevado.

Es sin duda una de las soluciones más utilizadas actualmente en la gestión de bodegas, considerando su costo moderado. Sin embargo, en algunos casos observados no se ha implementado correctamente, ya que no necesariamente alimenta el sistema en tiempo real.

- b. **Sistema de control por voz (Voice Control System).** Las implementaciones exitosas de esta herramienta son más limitadas, incluso, es una de las tecnologías menos utilizadas en nuestro país. Una de las mayores limitantes es que estos sistemas no son frecuentemente adaptables a los WMS de mayor utilización y las configuraciones en idioma español no están adaptadas para nuestro país, teniendo leves variaciones en acentos e interpretaciones que afectan el uso del sistema a plenitud.

Este sistema no se recomienda para procesos de mayor complejidad, por su alta dependencia en el factor humano, generando altos índices de error por mala utilización; por tanto, se deberá utilizar únicamente en procesos cuya rigurosidad sea baja. Si bien su costo no es elevado, las adaptaciones requeridas para operar en un WMS tradicional podría incrementar el monto de la inversión.

- c. **Identificación por radiofrecuencia (RFID).** Esta solución es poco utilizada en nuestro país, principalmente por una de las debilidades previamente comentada: alto costo. Sin embargo, es la recomendada para operaciones de alta rigurosidad y complejidad, considerando que obtiene prácticamente un 100% de efectividad en cuanto a control respecta y un alto nivel de rapidez para las operaciones. No en vano, esta solución es utilizada en centros de distribución y almacenes de regiones del primer mundo, con niveles de tecnología de clase mundial. Su adaptabilidad a los sistemas de información tradicionales es media, considerando que ya los WMS de mayor trascendencia incluyen interfaces para el aprovechamiento de esta tecnología.

- d. **Almacenaje robotizado.** En nuestro país, esta tecnología es prácticamente inexistente, por el costo elevado de implementación y configuración personalizada que incluye un nivel de parametrización específico para cada planta, equipo y *sku*.

En un escenario ideal, el almacenaje robotizado se complementa con la identificación por radiofrecuencia (RFID) para procesos con niveles de rigurosidad muy altos, donde la automatización es un requisito para una efectividad de un 100%.

Si bien es una solución altamente novedosa, su implementación solo será recomendada para industrias con un nivel de rentabilidad elevada o procesos donde el retorno de una inversión de este nivel sea alcanzable en un mediano plazo.

Pocas bodegas en el mundo tienen esta solución implementada, ya que sus costos son elevados, no solo en la configuración inicial, sino en el mantenimiento y cualquier tipo de adaptación; requiere un nivel de madurez muy alto en el proceso operativo.

En resumen, considerando los criterios de rigurosidad del proceso, la complejidad de la operación y capacidad de inversión de la empresa, se procede a ordenar las soluciones tecnológicas de las tendencias modernas de gestión de almacenes, tomando en cuenta los elementos de selección detallados. En el Cuadro 2, a continuación, se muestran los resultados de dicho análisis, cuya elaboración se desarrolló con base en la experiencia de los autores y considerando escalas de valor simples de 0 a 5 considerando el nivel de rigurosidad con que deben controlarse los procesos, complejidad de la operativa y factibilidad de inversión de la empresa.

Cuadro 2: Resumen de metodología de selección de solución tecnológica

Solución tecnológica	Rigurosidad (de 0 a 5)	Complejidad (de 0 a 5)	Inversión (de 0 a 5)
Código de barras	3	4	2
Sistema de control por voz	2	2	3
Identificación por radiofrecuencia	5	5	4
Almacenaje robotizado	5	5	5

Fuente: Elaboración propia. (2017).

En el siguiente apartado se detallará una metodología de calificación de los procesos, las operaciones y capacidades de la empresa que facilitará escoger la mejor alternativa de solución tecnológica.

4.2. Indicadores claves de desempeño

Según la experiencia de los autores, toda bodega debe realizar, como mínimo, una revisión semanal de sus indicadores claves de desempeño. Si bien algunos de éstos pueden variar dependiendo de los procesos operativos característicos, se recomienda la evaluación y el seguimiento de los siguientes indicadores:

- a. **Exactitud del inventario (Inventory Record Accuracy).** La exactitud y precisión en el manejo del inventario son un elemento primario para la gestión de almacenes que debe ser monitoreado constantemente.

A través de muestreos cíclicos a conveniencia, el Dr. Quartermann Lee (2006) expone en su libro *Strategos Guide To Cycle Counting & Inventory Accuracy*, una metodología simple de programación de inventarios que se basa en una clasificación ABC de los *sku* basada en el valor de los productos.

Cuadro 3: Productos categorizados en ABC por su valor

Categoría	% de <i>sku</i>	Ejemplos
A+	<1%	Muy alto valor – Diamantes, componentes tecnológicos, motores, productos complejos.
A	5%-15%	Alto valor – Insumos para industria médica o tecnológica, productos críticos
B	20%-30%	Valor medio – Válvulas, componentes de aluminio, maquinaria.
C	65%-75%	Bajo valor – Ropa, maquila, productos de consumo y latas.
D	<2%	Muy bajo valor – Materias primas para fábricas o elementos básicos.

Fuente: Lee, Q. (2006). *Strategos Guide To Cycle Counting & Inventory Accuracy*. Missouri: Strategos, Inc.

Con base en esta categorización y el recurso disponible para realizar los muestreos cíclicos, se define una frecuencia de revisión de los productos por ubicación, llevando un registro de todas las que se recorran en un tiempo máximo de tres meses. La mayor frecuencia debe ser para los productos A y A+ y la menor, para los D.

Para obtener el IRA, se divide la cantidad de ubicaciones correctas entre la cantidad de ubicaciones muestreadas y se multiplica por 100. Este porcentaje, que busca una exactitud del 100%, deberá obtenerse semanalmente y tendrá las siguientes tolerancias:

Cuadro 4: Tolerancias de Error para IRA

Categoría	% de Tolerancia
A+	0%
A	1%
B	5%
C	15%
D	N/A

Fuente: Lee, Q. (2006). *Strategos Guide To Cycle Counting & Inventory Accuracy*. Missouri: Strategos, Inc.

Todo valor que supere las tolerancias mencionadas requerirá un plan de acción inmediato, considerando las medidas necesarias para mejorar el porcentaje de exactitud.

b. **Índice de daños de productos.** Con base en el inventario almacenado y tomando como parámetro de medición el valor del inventario promedio almacenado, se debe tomar el valor de los productos dañados en un período específico y dividirlo entre el promedio del inventario en ese período. El porcentaje obtenido será el índice de daños, para el cual no se plantea una meta porque se considera que siempre debería ser el 0%. Cualquier desviación

de este valor debe ser estudiado, a fin de mitigar la causa raíz que genere el daño.

- c. **Exactitud en alisto de pedidos.** Considerando los tiempos definidos de servicio para alisto de pedidos definidos por el requerimiento de los clientes, se debe tomar la cantidad de pedidos alistados a tiempo y determinar el porcentaje de exactitud en el alisto de cada caso (divididos entre 100). Los pedidos no alistados a tiempo castigarán el indicador, al no ser considerados en el numerador. La suma de los porcentajes divididos entre 100 se dividirá entre la cantidad de pedidos colocados, obteniendo así una calificación de exactitud en el alisto de pedidos.

El porcentaje de exactitud meta de este indicador deberá ser negociado con los clientes, pero se recomienda que nunca sea menor al 85%. En algunos casos, el porcentaje de exactitud podría variar, dependiendo del tipo de servicio (para casos donde existan poblaciones de clientes con servicio preferencial).

- d. **Tiempos de atención en descarga y despacho.** Los tiempos de atención variarán según el tipo de producto y la operación, considerando los requerimientos del servicio negociados con los respectivos clientes internos o externos. Si bien la meta debería ser llevada semanalmente como un promedio de los valores, se recomienda manejar porcentajes de cumplimiento no menores al 85%, buscando minimizar la dispersión de los datos. Asimismo, se recomienda considerar categorías para la recepción y descarga de los embarques, a fin de realizar evaluaciones diferentes, dependiendo de su tipo. Esto ayudará a tomar las medidas correspondientes para la mejora continua del proceso.

Como aspecto primordial en la evaluación del desempeño de almacenes se recomienda realizar mediciones constantes (mínimo una vez a la semana) y comunicar los resultados de los indicadores clave al equipo de trabajo.

La cantidad de indicadores clave de desempeño es inversamente proporcional a la atención que los usuarios les prestarán. Por tal motivo, se recomienda no más de cinco para la gestión de almacenes, por más compleja que sea la operación.

Manejar indicadores informativos o complejos es recomendable para tener mayor información del proceso, pero no se recomienda que sean parte de la comunicación de resultados al equipo de trabajo.

Los indicadores clave de desempeño deben ser simples y puntuales, capaces de ser comprendidos por todo el personal, incluso sin una explicación intensiva.

Estos métodos de medición son indispensables en la gestión de un almacén, complementados con procesos de mejora continua. Asimismo, servirán para entender si las soluciones de gestión son efectivas.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Las herramientas tecnológicas utilizadas para la gestión de almacenes son muy similares a nivel mundial, sin embargo, su rango de aplicación varía considerablemente entre las diferentes industrias y regiones económicas.

Escoger la solución tecnológica más efectiva no necesariamente varía en función del costo, sino de las características de rigurosidad de la operación, complejidad del proceso y capacidades de inversión en la empresa.

Todas las bodegas deben ser administradas por un sistema de gestión de almacenes (WMS), por más simple que sea, a través de información en tiempo real.

Los costos de estos sistemas no necesariamente son elevados, pues son de diferente índole y podrían ser accesibles para prácticamente cualquier administrador de bodega, siempre y cuando tenga claro el requerimiento y conozca su proceso. El nivel de complejidad dependerá de las mismas características de sus operaciones.

A través del presente documento, se evaluaron las soluciones tecnológicas y se definieron sus interacciones, dependiendo de las necesidades de los procesos logísticos de la empresa. Adicionalmente, se mencionó cómo deben complementarse al WMS seleccionado, en concordancia con los requerimientos del medio.

Sin duda, la selección de una herramienta tecnológica y su interacción con el sistema de gestión de almacenes es gran parte de la solución, sin embargo, se debe complementar con una correcta medición del desempeño en la bodega. A través de indicadores como la exactitud de inventarios (IRA, por sus siglas en inglés), el índice de daños de productos, la exactitud en el alistado de los pedidos y el cumplimiento de los tiempos de atención para descarga y el despacho, se logrará categorizar los esquemas básicos de servicio requeridos en un almacén tradicional.

Todas las estrategias de gestión de bodega son diferentes, pero las tecnologías aplicadas para administrar los procesos le permiten al encargado de los almacenes controlar los flujos operativos y la bodega, en tiempo real, manejando de la manera más eficiente su recurso.

5. 2. Recomendaciones

La gestión de almacenes es parte de los procesos logísticos de una empresa y su eficiencia será proporcional a la interacción y efectividad de los procesos en la cadena de suministros.

La efectividad en cuanto a la estimación de la demanda, los tiempos de aprovisionamiento, niveles de inventario solicitados y otros aspectos logísticos quedan fuera de la gestión del almacén; sin embargo, son aspectos complementarios para la correcta administración de la bodega. Por lo tanto, es indispensable que el sistema de gestión interactúe con otros sistemas de información de los demás departamentos en tiempo real; incluso, algunos de administración de recursos (ERP) incluyen módulos para administrar bodegas que podrían ser funcionales.

Adicionalmente, la capacitación del personal en el proceso es fundamental para la correcta gestión de la bodega, siempre y cuando comprenda los aspectos medulares del negocio y las prioridades ante cualquier inconsistencia de los procesos.

La gestión de bodega, como parte de los servicios logísticos, es un proceso intangible, de ahí la importancia de que el recurso humano tenga cubiertos los aspectos básicos de capacitación y se cumpla con los estándares definidos para obtener un servicio eficaz.

CAPÍTULO 6: PROPUESTA

Como propuesta para implementar las mejores tendencias en cuanto a la gestión de almacenes, se recomienda a las empresas realizar un diagnóstico con base en el análisis de los aspectos propios de la operación, detallados en la sección 4 del presente documento.

Se recomienda profundizar en aspectos de complejidad, proceso y necesidad del sistema de interactuar con otros; todo lo anterior, para determinar la mejor alternativa de WMS para su operativa.

Una vez definido este aspecto, se debe determinar bajo qué esquema de soluciones tecnológicas se debe trabajar, considerando tanto aspectos del proceso y de la operación, como la disposición de la empresa a realizar inversiones en tecnología para el manejo de su operativa.

No necesariamente la alternativa de mayor costo sea la que mejor se ajuste a la operativa de la compañía. La metodología planteada en el presente documento busca que la gestión sea eficiente desde la selección de la mejor combinación de soluciones. Todo esto debe ir acompañado por una correcta gestión en cuanto a la medición de calidad en el servicio suministrado, a través de los indicadores de desempeño operativo enlistados.

BIBLIOGRAFÍA

- AP. (1 de diciembre, 2014). *Listo para trabajar ejército de robots de Amazon*. Extraído 27 de febrero, 2017 de Revista El Mundo: <http://www.elmundo.com.ve/noticias/economia/empresas/listo-para-trabajar-ejercito-de-robots-de-amazon.aspx>.
- Código Zen. (5 de mayo, 2012). Código de Barras. Extraído el 27 de febrero, 2017 de <http://www.codigodebarras.pe/codigo-de-barras-historia/>.
- De Arriba, A. (1 de setiembre, 2003). *Gestión robotizada de almacenes*. Extraído el 27 de febrero, 2017 de Logística MX: <http://www.logisticamx.enfasis.com/notas/3633-gestion-robotizada-almacenes>
- Frazelle, E. H. & Sojo, R. (2006). *Logística de almacenamiento y manejo de materiales de clase mundial*. Bogotá: Grupo Editorial Norma.
- Giusti, F. (29 de setiembre, 2016). *Automatización en la logística: Lo que hay que tener en cuenta*. Extraído el 3 de marzo, 2017 de beetrack.com: <https://www.beetrack.com/es/blog/automatizacion-en-la-logistica>
- Harris, D. (17 de febrero, 2017). Compare Warehouse Management System Software. Extraído el 21 de febrero, 2017 de Software Advice: <http://www.softwareadvice.com/scm/warehouse-management-system-comparison/#buyers-guide>.
- Hernández, R. F. (2005). *Logística de Almacenes*. La Habana: MICIN.
- Lee, Quartermann (2006). *Strategos Guide To Cycle Counting & Inventory Accuracy*. Missouri: Strategos Inc.
- Manutención&almacenaje.com (20 de abril, 2015). *Automatización del nuevo bloque logístico de Mercadona*". Extraído el 27 de febrero, 2017 de manutencion&almacenaaje.com: http://www.manutencionyalmacenaje.com/es/notices/2015/04/automatizacion-del-nuevo-bloque-logistico-de-mercadona-38065.php#.WL-ILRiZM_V.
- Netlogistik. (s.f.). *Caso de Éxito: Apolo Fuera de este mundo*. Extraído el 27 de febrero, 2017 de: <http://www.netlogistik.com/casosdeexito/apolo.pdf>

- Netlogistik. (s.f.). *Caso de Éxito: Grupo Flexi*. Extraído el 27 de febrero, 2017 de: <http://www.Netlogistik.Com/Casosdeexito/Flexi.pdf>
- Netlogistik. (s.f.). *Caso de Éxito: Scorpion*. Extraído el 27 de febrero, 2017 de: <http://www.dnalogistik.com/sites/default/files/Caso%20Scorpion.pdf>
- Noega Systems (8 de setiembre, 2015). *Sistemas de almacenaje automáticos: almacenamiento robotizado*. Extraído el 27 de febrero, 2017 de noegasystems.com: <http://www.netlogistik.com/casosdeexito/apolo.pdf>
- Revista Negocios Globales (6 de agosto, 2008). *Tendencias en Bodegas y Centros de Distribución*. Extraído el 27 de febrero, 2017 de: <http://www.emb.cl/negociosglobales/articulo.mvc?xid=970>.
- Revista Logistec (24 de junio, 2013). *Gestión e almacenes: Robótica y las nuevas tendencias*. Extraído el 26 de febrero, 2017 de <http://www.revistalogistec.com/index.php/equipamiento-y-tecnologia/almacenaje/item/2384-gestion-de-almacenes-robotica-y-las-nuevas-tendencias>.
- Sánchez, A. (5 de octubre, 2012). *Ventajas y desventajas de los sistemas automatizados de almacenamiento*. Extraído el 3 de marzo, 2017 de Operaciondebodegas.m: <https://operaciondebodegasasm.wordpress.com/2012/10/05/ventajas-y-desventajas-de-los-sistemas-automatizados-de-almacenamiento/>.
- Zona Logística. (2 de octubre, 2013). *Captura automática de datos*. Extraído el 2 de marzo, 2017 de Zona Logística: <http://www.zonalogistica.com/articulos-6681/articulos-mas-leidos/captura-automatica-de-datos/>
- Zona Logística. (7 de setiembre, 2013). *El futuro de la cadena de suministros*. Extraído el 2 de marzo, 2017 de Zona Logística: <http://www.zonalogistica.com/articulos-6681/articulos-mas-leidos/el-futuro-de-la-cadena-de-suministros/>
- Zona Logística. (25 de febrero, 2014). *Implementación de Tecnología RFID en Grupo Éxito*. Extraído el 2 de marzo, 2017 de: Zona Logística:

<http://www.zonalogistica.com/articulos-6681/articulos-mas-leidos/implementacion-de-tecnologia-rfid-en-grupo-exito/>

Zona Logística. (18 de diciembre, 2014). *Los Almacenes Automáticos*. Extraído el 2 de marzo, 2017 de Zona Logística: <http://www.zonalogistica.com/articulos-6681/articulos-mas-leidos/los-almacenes-automaticos/>

GLOSARIO

Almacenaje robotizado: formado por estanterías, transelevadores y métodos de transporte automatizados.

Clasificación ABC: Es una ordenación y categorización de las referencias, según la frecuencia de salida en el periodo de tiempo en el que se ha efectuado el estudio. A: conjunto de referencias que forman el 80% de las salidas del almacén.

B: conjunto de referencias que constituyen el 15% restante de los movimientos de salida realizados, representando el conjunto A y B el 95% de la totalidad de los movimientos de salida del almacén.

C: grupo de referencias que conforman el 5% restante de salida, englobando el conjunto A, B y C la totalidad de los movimientos de salida que se producen en la instalación.

Código de barras: símbolo de identificación numérica, cuyo valor está codificado en una secuencia de barras y espacios altamente contrastados. La identificación se hace por medios electrónicos.

Código EAN: método europeo para la clasificación de productos comerciales por medio de códigos de barra.

Cross docking: Sistema de distribución en el que la mercancía recibida no es almacenada, sino preparada inmediatamente para su próximo envío. Es la transferencia de las entregas desde el punto de recepción directamente al punto de entrega, con un periodo de almacenaje limitado o inexistente.

Estiba: Apilamiento de cajas o embalajes, ensamblados en un arreglo vertical.

Etiqueta: Pieza de papel, película u hoja de aluminio que se fija a un envase o embalaje. Esta generalmente contiene diseños gráficos e información impresa relativa al producto.

Etiqueta RFID: sistema de identificación por radiofrecuencia. Este tipo de tecnología identifica de manera inequívoca, mediante ondas de radio, los artículos a través de un *chip* o una etiqueta electrónica.

Inventario: Es toda la mercancía que posee una empresa en el almacén valorada al costo de adquisición, para la venta o las actividades productivas. Los inventarios comprenden: materias primas, productos en proceso y artículos terminados o mercancías para la comercialización, materiales, repuestos y accesorios para ser consumidos en la producción de bienes fabricados para la venta o en la prestación de servicios; empaques y envases, así como los inventarios en tránsito.

Just in time: Significa “justo a tiempo” y es una técnica que permite que la cadena de suministro garantice la disponibilidad del objeto requerido en el momento preciso.

Picking: proceso de preparación de pedidos. Se alistan los que ha hecho el área comercial, para iniciar su proceso de distribución.