



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Vicerrectoría de Posgrados e Investigación

Posgrados en Ingeniería y Negocios

Doctorado en Logística y Dirección de la Cadena de Suministro

TESIS

Desarrollo de Casos Prácticos en la Gestión de Inventarios Para
la Comercialización de Productos

Presenta

Arturo Contreras Juárez

Director

Dr. José Luis Martínez Flores

Puebla, México.

Agosto 2018



UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyla**

Tesis Digitales Restricciones de uso:

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de textos, imágenes, gráficas, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Vicerrectoría de Posgrados e Investigación

Posgrados en Ingeniería y Negocios

Doctorado en Logística y Dirección de la Cadena de Suministro

Se aprueba la Tesis llamada:

Desarrollo de Casos Prácticos en la Gestión de Inventarios para la
comercialización de Productos

Comité de Revisión.

Dr. José Luis Martínez Flores

Director

Dra. Catya Atziry Zuñiga

Asesora

Dra. Diana Sánchez Partida

Asesora

Puebla, México.

Agosto 2018

RESUMEN

Para que las empresas mantengan su competitividad, es necesario definir técnicas y metodologías que permitan definir sus políticas de control en los inventarios de materias primas o productos terminados a lo largo de la cadena de suministros, considerando la naturaleza aleatoria de la demanda de los tiempos y cantidades de suministro, entre las etapas de la cadena. A pesar de que actualmente existe una gran diversidad de modelos y métodos para dar soporte las decisiones del sistema de inventarios, no existe una metodología unificada que brinde dicho soporte de una forma general para todos los sistemas de la cadena. Asume la gestión logística importante valor en la cadena de suministros, ya que controla el almacenamiento, equipos de manejo de materiales y las operaciones de preparación de pedidos, donde los almacenes cumplen funciones de enlace entre las diferentes actividades de transporte. La razón de ser de un almacén está definido por la necesidad de disponer de un stock de productos con el propósito de hacer frente a la competitividad de la oferta y demanda. La presente tesis expone cuatro artículos de investigación enfocados a mejorar los procesos logísticos al establecer políticas de inventario, en el almacén de cada caso de estudio rentabilizando la cadena de suministro al tomar decisiones más acertadas derivadas de la aplicación de los modelos y metodologías tales como, el modelo de cantidad económica de pedido (EOQ) y de revisión continua con demanda incierta y desviación estándar (q,R) de acuerdo a la demanda probabilística y/o determinística, se incorporan pronósticos por promedios móviles, promedios móviles ponderados, suavización exponencial y suavización exponencial ajustada, se establece la mejora continua en el desarrollo del procedimiento para generar una política de un programa de mantenimiento preventivo y su presupuesto económico con el método SHEWAR o PDCA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar). Los modelos aplicados resuelven de manera práctica el problema de estimación de políticas de control centrándose en la búsqueda de un óptimo en cada una de los casos de estudio. Sin embargo el mejoramiento encontrado en los módulos que forman el sistema de inventarios y la utilización conjunta de técnicas y modelos generaron mejoramientos significativos especialmente en aquellas que no manejan ninguna herramienta de control, integrando aleatoriedad de la demanda y los tiempos de reposición, la determinación de inventarios de seguridad, la localización de inventarios y la diversidad y la complejidad que se alcanza cuando se consideran múltiples ítems de diversas características fueron los resultados obtenidos en los casos prácticos desarrollados.

ABSTRACT

In order that the companies support his competitiveness, it is necessary to define technologies and methodologies that allow to define his policies of control in the inventories of raw materials or products finished along the supply chain, considering the random nature of the demand of the times and quantities of supply, between the stages of the chain. In spite of the fact that nowadays it exists a model great diversity and methods to give support the decisions of the inventor system, there does not exist a unified methodology that offers the above mentioned support of a general form for all the systems of the chain. There assumes the logistic important management value in the supply chain, since it controls the storage, equipment of managing material and the operations of preparation of orders, where the stores fulfill functions of link between the different activities of transport. The *raison d'être* of a store is defined by the need to have a stock of products with the intention of facing to the competitiveness of the offer and demand. The present thesis exposes four articles of investigation focused to improving the logistic processes on having established inventor policies, in the store of every case of study making profitable the chain of supply on having taken more guessed right decisions derived from the application of the models and such methodologies as, the model of economic quantity of order (EOQ) and of constant review with uncertain demand and standard diversion (q, R) in agreement to the demand probabilistic and / or deterministic, forecasts join for mobile averages, average weighted mobiles, exponential smoothing and exponential exact smoothing, the constant improvement is established in the development of the procedure to generate a politics of a program of preventive maintenance and his profit budget with the method SHEWAR or PDCA (To glide, To do, To check, To act). The applied models solve in a practical way the problem of estimation of policies of control centring on the search of the ideal one on each one of the cases of study. Nevertheless the improvement found in the modules that form the system of inventories and the utilization combines of technologies and models generated significant improvements specially in those who do not handle any tool of control, integrating randomness of the demand and the times of reinstatement, the determination of safety inventories, the location of inventories and the diversity and the complexity that is reached when they are considered to be multiple articles of diverse characteristics were the results obtained in the practical developed cases.

Agradecimientos

Primeramente gracias a Dios, por darme la oportunidad de vivir y estar conmigo en cada paso de mi vida, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo este periodo académico.

A mi madre Jovita Juárez Esteban, por darme la vida, quererme mucho, creer en mí y porque siempre me apoyaste. Mamá gracias por darme la visión para mi futuro, todo esto te lo debo a ti.

Gracias a la Dra. Catya Atziry Zuñiga Alcaraz, por haberme dedicado tiempo, esfuerzo y ser la guía y revisora de los documentos presentados en la integración y culmine de esta tesis. A los Drs. José Luis Martínez Flores y Diana Sánchez Partida por sus valiosas enseñanzas académicas en mi proceso de formación doctoral.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el valioso apoyo como becario el cual sin duda alguna ha sido un gran apoyo en la culminación de este programa de estudios.

A mi familia por apoyarme en esta decisión y proyecto, por creer en mí, No ha sido sencillo el camino hasta ahora, pero gracias a su amor, a su inmensa bondad y apoyo, lo arduo de lograr esta meta se ha sido acotada. Les agradezco y hago presente mi gran efecto hacia ustedes, mi hermosa familia.

A la vida porque cada día me demuestra lo hermosa y justa que puede llegar a ser.

Dedicatoria

A mis hijos.

Uriel, Alderain y Berenice, porque han sido el pilar más importante de mi vida por ser la fuente de motivación e inspiración, Para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

Gracias a ellos por cada palabra de apoyo, por cada momento en familia sacrificado para ser invertido en mi formación académica y el desarrollo de esta tesis. Gracias por entender que el éxito demanda algunos sacrificios y que el limitarnos en algunos eventos de convivencia, hacían parte de estos sacrificios.

A ellos les deseo el éxito y todas las bendiciones que de parte de Dios vendrán a nuestras vidas como recompensa de tanta dedicación, esfuerzo y fe en la causa misma. He logrado concluir con éxito un proyecto que en un principio podría parecer tarea colosal e interminable. Este nuevo logro es en gran parte gracias a ustedes por siempre estar presente a mi lado y nunca juzgarme.

El tiempo será el mejor juez y esta tesis será el mejor testigo entre el sacrificio y parte del éxito.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	10
JUSTIFICACIÓN	11
MARCO TEÓRICO.....	12
CAPITULO I.....	15
GESTIÓN DE INVENTARIO A TRAVÉS DE PUSH & PULL E INVENTARIO MANEJADO POR EL PROVEEDOR – EN PRODUCTOS RISA, S.A. DE C.V.	15
RESUMEN	15
1.1. INTRODUCCIÓN	16
1.2. MATERIALES Y MÉTODOS	16
1.3. RESULTADOS	21
1.4. DISCUSIÓN (CONCLUSIONES)	29
1.5. AGRADECIMIENTOS.....	30
1.6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30
CAPITULO II	33
ANÁLISIS DE SERIES DE TIEMPO EN EL PRONÓSTICO DE LA DEMANDA DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS PERECEDEROS	33
2.1. INTRODUCCIÓN	34
2.2. MARCO TEÓRICO	36
2.3. CASO DE ESTUDIO	40
2.4. DISCUSIÓN.....	45
2.5. PREGUNTAS DE DISCUSIÓN	51
2.6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
CAPITULO III.....	54
GESTIÓN DE POLÍTICAS DE INVENTARIO EN EL ALMACENAMIENTO DE MATERIALES DE ACERO PARA LA CONSTRUCCIÓN.....	54
RESUMEN	54
3.1. INTRODUCCIÓN	55
3.2. MATERIALES Y METODOS	58
3.3. CASO PRÁCTICO	60
3.4. CARACTERIZACIÓN DE LA EMPRESA	60
3.5. CASO DE ESTUDIO	62
3.6. RESULTADOS	63
3.7. DISCUCIÓN	68
3.8. CONCLUSIONES	69
3.9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
CAPITULO IV	72

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE AUTOMOVILES EN LA EMPRESA BELLA VISTA DE APIZACO S.A. DE C.V72

RESUMEN:.....	72
4.1. INTRODUCCIÓN	72
4.2. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO	73
4.3. OBJETIVO GENERAL	73
4.4. ANTECEDENTES DE MANTENIMIENTO	73
4.5. METODOLOGIA PDCA POR SUS SIGLAS EN INGLÉS, PLANEAR, HACER, CHECAR, ACTUAR.	75
4.6. DESCRIPCIÓN DEL METODO	76
4.7. OBTENCIÓN DE DATOS DE LAS UNIDADES DE LA EMPRESA BELLA VISTA DE APIZACO S.A. DE C.V. .	77
4.8 RESUMEN DE RESULTADOS	81
4.9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
CONCLUSIONES	83
BIBLIOGRAFÍA.....	84
ANEXOS.....	86

TABLAS Y FIGURAS

<i>Tabla 1. Cálculo de la Tasa Media Anual de Crecimiento, clasificación A (2011-2014).....</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 2. Cálculo de la TMAC en la clasificación A, por producto (2011-2014).</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 3. Distribución de la Clasificación A, B y C.</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 4. Clasificación A de los volúmenes de producto (2014).</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 5. Resultados del modelo EOQ.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 6. Resultados del modelo q,R.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 7. Clasificación A de los volúmenes de producto (2014).</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 8. Valor promedio, ventas diarias y costo promedio de los productos RISA.</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 9. Horas invertidas en el inventario en tránsito.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 10. Resultados del modelo de Gestión de inventarios en tránsito.</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 11. Distribución de la oferta.</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 12. Perspectivas de crecimiento económico y ventas 2015.</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 13. Volumen de ingresos y egresos de productos referente a las órdenes de movimiento generadas.</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 14. Pronósticos de ingreso para el producto AP-1 de la cámara No.2.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 15. Pronósticos de egreso para el producto AP-1 de la cámara No.2.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 16. Pronósticos de ingreso para el producto NE-2 de la cámara No.2.</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 17. Pronósticos de egresos para el producto NG-2 de la cámara No.2.</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 18. Materiales comercializados por la empresa.</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 19. Asignación del modelo para establecer la política de inventario.</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 20. Resultados de la aplicación del modelo de lote económico.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 21. Resultados de la aplicación del modelo de revisión continua con demanda incierta y con desviación estándar.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 22. Políticas de inventario obtenidas de la aplicación del modelo de lote económico para materiales comercializados en toneladas.</i>	<i>65</i>

Tabla 23. Políticas de inventario obtenidas del modelo de revisión continua con demanda incierta y con desviación estándar para materiales comercializados en toneladas.	66
Tabla 24. Políticas de Inventario obtenidas de la aplicación del modelo de revisión continua con demanda incierta y con desviación estándar para materiales comercializados en piezas.	66
Tabla 25. Tipos de Mantenimiento Preventivo Vehicular.	75

Figura 1. Pareto de ventas 2013 de Productos RISA.	19
Figura 2. Modelo de Lote económico (EOQ).	22
Figura 3. Modelo probabilístico (q, R).	24
Figura 4. Volumen de distribución de productos RI SA, S.A. de C.V., a cliente principal.	26
Figura 5. Tiempo de transporte de productos RI SA, S.A. de C.V., a cliente principal.	26
Figura 6. Diagrama de Pareto “distribución de inventarios en tránsito productos RI SA, S.A. de C.V.	27
Figura 7. Diagrama de Pareto “clasificación ABC de ventas cliente principal”.	27
Figura 8. Secuencia entre las metodologías aplicadas para la optimización.	28
Figura 9. Volumen de ingreso y egreso de producto en cada cámara.	42
Figura 10. Representación ABC de inventario de la cámara frigorífica No. 2.	43
Figura 11. Ingresos y egresos del producto AP-1 de la cámara No. 2.	44
Figura 12. Ingresos y egresos del producto NE-2 de la cámara No. 2.	45
Figura 13. Producto AP-1.	49
Figura 14. Producto NE-2.	49
Figura 15. % de ventas de los materiales comercializados por tonelada.	61
Figura 16. % de ventas de los materiales comercializados por pieza.	62
Figura 17. Representación gráfica del modelo Lote económico de pedido (Economic Order Quantity-EOQ).	64
Figura 18. Representación gráfica del modelo de revisión continua con demanda incierta y con desviación estándar (Q,r) del material Varilla ½ VHP.	65
Figura 19. Comparación del caso de estudio del primer semestre 2016 Vs 2017.	67
Figura 20. Reducción del excedente de presupuesto del primer semestre de 2017 Vs 2016.	68
Figura 21. Tipos de mantenimiento.	74
Figura 22. Metodología PDCA y herramientas para la implementación.	76
Figura 23. Diagrama de flujo desarrollo de proyecto.	77
Figura 24. Diagrama Ishikawa detección de problemas del área de mantenimiento.	78
Figura 25. Evidencia de formato de mantenimiento.	79
Figura 26. Check-list Bella Vista S.A. de C.V.	80

INTRODUCCIÓN

La logística es una disciplina clave al momento de solucionar problemas vinculados a la incertidumbre de la demanda, los costos y el tiempo de traslado en el transporte así como las exigencias de rentabilidad en el proceso productivo. Asume la gestión logística importante valor en la cadena de suministros, ya que controla el almacenamiento, equipos de manejo de materiales y las operaciones de preparación de pedidos, donde los almacenes cumplen funciones de enlace entre las diferentes actividades de transporte. La razón de ser de un almacén está definido por la necesidad de disponer de un stock de productos con el propósito de hacer frente a la competitividad de la oferta y demanda.

La presente tesis es un compendio de cuatro artículos de investigación enfocados a mejorar los procesos logísticos, al gestionar y establecer políticas de inventario, en los almacenes de cada caso de estudio ayudando a rentabilizar la cadena de suministros al tomar decisiones más acertadas, basadas de los resultados obtenidos de la aplicación de los modelos y metodologías.

El primer artículo está enfocado a la de gestión de inventarios en una empresa productora y comercializadora de confitería, donde se presenta un análisis de la demanda estacional. De esta forma se incorporan los modelos de cantidad económica de pedido (EOQ), y de revisión continua e inventarios en tránsito, los cuales cumplen con el objetivo de establecer proyecciones de ventas para periodos futuros.

El segundo artículo hace un análisis de series de tiempo del volumen de ingreso y egreso de productos perecederos en cámaras frigoríficas, con el objetivo de pronosticar el volumen de productos perecederos que ingresan y egresan de acuerdo a la demanda para proporcionar a los planeadores del almacén información acertada para la toma de decisiones en la elaboración de sus programas de trabajo en el movimiento de los productos como ingreso, movimiento interno (acomodo de los productos) y despacho de los productos. Se incorporan pronósticos por promedios móviles, promedios móviles ponderados, suavización exponencial y suavización exponencial ajustada.

El tercer artículo establece políticas de inventario para la comercialización de productos de acero para la construcción mediante la aplicación de modelos de lote económico de pedido (EOQ), así como el modelo de revisión continua con demanda incierta y desviación estándar (q,R) de acuerdo a la demanda probabilística y/o determinística. El objetivo de dichos modelos es reducir los tiempos de mano de obra, mejorando el flujo de carga y descarga de los materiales, maximizando las entregas a tiempo y reduciendo los costos logísticos de almacenamiento.

El cuarto artículo presenta el diseño de un programa de mantenimiento preventivo automotriz a través del método SHEWAR o PDCA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar), establece la mejora continua en el desarrollo de, procedimiento para generar una política de programas de mantenimiento preventivo y el presupuesto económico para el

seguimiento del programa, cumpliendo con los objetivos de minimizar los gastos en el área, eliminando el registro de mantenimientos inexistentes, disminuyendo los reportes de mantenimientos correctivos, fallas inesperadas y maximizando la disponibilidad de unidades.

JUSTIFICACIÓN

La importancia de la investigación presentada en los casos de estudio es la aplicación de los diferentes modelos y métodos en la gestión de inventarios para maximizar la eficiencia del almacén. La finalidad es generar ventajas competitivas sostenibles, bajo esta perspectiva, se realiza una revisión de literatura científica sobre el tema en cuestión demostrando que la gestión de inventarios tiene un papel destacado en el conocimiento, y en la aplicación práctica empresarial, desarrollando ventajas competitivas sostenibles.

Como plantean Jammerneegg y Kischka (2008) recientemente el enfoque de la administración en inventarios se ha tornado hacia la función objetivo de aversión al riesgo, en lugar de mantenerse en el enfoque de minimizar los costos o maximizar los beneficios esperados. Donde un inadecuado manejo y valoración de los inventarios puede contribuir a la quiebra de los negocios y por el contrario, una buena valoración, administración y control contribuye al éxito empresarial (Duque et. al, 2010).

Por otra parte, las investigaciones prácticas sobre la gestión de inventarios se desarrollan principalmente desde hace una década y están experimentando un crecimiento notable debido al aumento de la demanda de los clientes. Existen muchas razones por las cuales las organizaciones deben tener un eficiente control de los inventarios, a continuación se dan algunos de los más importantes. En primer lugar, para mejorar el servicio al cliente asegurando un nivel de disponibilidad de productos y servicios, así mismo la compañía tiene la seguridad de tener el producto en la cantidad, lugar y tiempo adecuados; por último, permite brindar seguridad frente a las posibles variaciones en los tiempos de entrega de los proveedores (Pinzón et. al, 2010).

El inventario es uno de los activos más importantes que poseen muchas compañías porque es el mayor rubro del activo corriente que se convierte en la base de las empresas comerciales e industriales, y su costo se puede medir de diversas formas (Meigs, 2002). Al evaluar el desempeño de una organización, una de las primeras preguntas debe ser: ¿cómo valoran ellos su inventario? En este sentido, la gestión de inventarios constituye un área de las organizaciones en la cual es factible la reducción de costos sin llegar a reducir los ingresos, elemento fundamental para la supervivencia de las empresas en tiempos modernos (Jiménez, 2005; Ortiz, 2004; Sucky, 2005).

La importancia del tema, tras la revisión de la literatura destaca un número muy importante de trabajos que estudian la relación entre la gestión de inventarios y la creación de conocimiento en diferentes almacenes de productos. La presente tesis, se apoya en

estos estudios, encontrado puntos de apoyo prácticos de la relación entre la creación del conocimiento y la gestión de inventarios, proponiendo herramientas de medida, que nos permita lograr un acercamiento al contexto de esta problemática en la logística de almacenamiento. Tal como lo menciona Krajewski y Ritzman, (2000) donde la importancia de la gestión de inventarios consiste en mantener la cantidad adecuada para que la empresa alcance sus prioridades competitivas con mayor eficiencia y productividad.

Si la decisión es positiva, se podrán aplicar nuevas mejoras al mismo proceso de inventarios y también a todos aquellos procesos susceptibles de ser mejorados para que fluyan de manera apropiada (Pinzón, 2008).

MARCO TEÓRICO

En el mercado actual en que se desarrolla aceleradamente la globalización bajo la influencia de las tecnologías de la información y las comunicaciones, la logística ha tomado mayor importancia en el mundo empresarial, imponiéndose como el nuevo factor de diferenciación, trayendo como consecuencia ventajas competitivas con mayor fuerza; es la Logística, la parte del proceso de la cadena de abastecimiento que planea, implementa y controla eficiente y efectivamente el flujo y el almacenamiento de bienes, servicios e información desde el punto de origen hasta el punto de consumo, para satisfacer las necesidades del cliente (CLM, 1998; Lambert, 2001). Dentro de este contexto los inventarios son todos aquellos artículos o stocks usados en la producción (materia prima y productos en proceso), actividades de apoyo (suministro de mantenimiento y reparación) y servicio al cliente (productos terminados y repuestos) (Yosmar y Durán, 2012).

Uno de los activos más costosos de cualquier empresa son los inventarios llega a representar entre el 40 % y 50 % del capital invertido, son un parámetro importante de la actividad de los negocios por lo tanto son indicadores que vigilan y nos proporcionan información financiera (Velázquez, 2012; Heizer y Render, 2001). Por otra parte, más del 50% de los costos totales en las empresas industriales son costos de materiales, mientras que en las empresas comerciales o de ventas al detalle los costos de las mercancías o mercaderías giran en torno al 70% de los costos totales (Horngren et al.; 2002). En las organizaciones enfocadas a la producción de bienes de consumo, los costos de inventarios afectan en un 25% las utilidades anuales de la empresa (Chávez, 2009).

Para Osorio (2007) define los inventarios, como: “Bienes de una empresa destinados a la venta o a la producción en proceso, artículos terminados y otros materiales que se utilicen en el empaque, envase de mercancía o las refacciones para mantenimiento que se consuman en el ciclo normal de operaciones”. Para Chiavenato (1993) es la composición de materiales que no se utilizan momentáneamente en la empresa, pero que necesitan existir en función de las futuras necesidades.” De acuerdo con Bailly (1991) se mantienen

inventarios por dos razones principales: por razones de economía y por razones de seguridad. Se establece como nexo entre producción y venta de un bien representando una inversión considerable para la empresa por lo cual debe de ser administrado eficientemente, ya que según Ehrhardt y Brigham (2007) persigue dos objetivos fundamentales: garantizar con el inventario disponible, la operatividad de la empresa y conservar niveles óptimos que permita minimizar los costos totales (de pedido y de mantenimiento). Se debe mantener un nivel adecuado de inventario, ya que si se mantienen inventarios demasiados elevados, el costo de mantenimiento será elevado implicando problemas financieros a la empresa (Durán y Yosmary, 2012).

Se establece que uno de los grandes desafíos de la gestión de inventarios consiste en mantener la cantidad adecuada para que la empresa alcance sus prioridades competitivas con mayor eficiencia y productividad. Krajewski y Ritzman (2000). En este sentido, se hace necesario identificar los diferentes tipos de inventarios que se deben administrar, los cuales se pueden clasificar en cinco tipos de acuerdo con su origen: del ciclo, de seguridad, de previsión, en tránsito y en consignación (Aggelogiannaki y Sarimveis, 2008). Mientras que los autores Kanet, Gorman y StoBlëin (2010) señalan que implementar una planeación dinámica del inventario es ventajosa en los siguientes casos: a) si la demanda no es estacionaria; b) si el tiempo de entrega no es estacionario; y c) si el nivel de servicio varía con el tiempo.

De acuerdo a Vidal (2010) dentro de las organizaciones, el mantenimiento y el manejo de los inventarios representa entre 15% y 30 % dentro del sistema de almacenamiento de los costos totales logísticos. Sin embargo, el mantenimiento de los inventarios puede representar ahorros por economías de escala en otros costos, como transporte, compra y producción, incentivando la reducción de los precios de los productos. La dimensión del inventario influye en la calidad del producto, los precios, el tiempo entra de producción, la capacidad ociosa, la velocidad de respuesta al cliente, el tiempo de anticipación del pedido, y el rendimiento económico- financiero de la empresa. (Hansen y Mowen, 2003).

Los beneficios económicos que se pueden derivar de reducir los inventarios, en Estados Unidos, el costo promedio de un inventario representa entre 30% y 35% de su valor. Estos costos se derivan de la obsolescencia, los seguros, los costos de oportunidad y demás. Las empresas perfectamente pueden tener ahorros en costos si pudiesen disminuir los inventarios (Chase, 2005).

Dentro de los costos del inventario están: a) Adquisición de los artículos, que aun cuando no es un costo del inventario propiamente, se incluye, ya que la mayoría de las ocasiones, el costo unitario de cada artículo depende del volumen de pedido; b) Colocación de nuevos pedidos, que debe considerar todas las actividades que se realizan para hacer un nuevo pedido; c) Conservar los artículos en inventario, que debe incluir todos los aspectos que tengan que ver con el almacenamiento del producto; d) Ocurrencia de faltantes, aun cuando sea un costo de oportunidad, ya que se deja de ganar dinero por no tener la

mercancía cuando la solicita el cliente, a lo que habría que agregar la posible pérdida de ventas futuras, por no contar con la buena voluntad del cliente; e) Costos de calidad, que la mayoría de los autores, no consideran al analizar el costo del inventario.

El modelo EOQ se puede considerar como el más sencillo y fundamental de todos los modelos de inventario, pues este describe el importante compromiso entre los costos fijos y los costos de mantener el inventario, y es la base para la implementación de sistemas mucho más complejos. Como también la clasificación ABC para establecer prioridades de administración y diferenciar los sistemas de control de ítems en cada categoría. Por ejemplo, una reducción del 25% del inventario de los ítems clase A (alrededor del 20% de todos los ítems, catalogados como “los más importantes”), puede causar una reducción global del 20% del valor del inventario según Vidal (2010).

En relación al estudio bibliográfico presentado se identifica la evolución sistemática en la logística y cadena de suministros dentro de los inventarios, generando un mayor soporte en la gestión de modelos de inventario para los casos prácticos presentados que contribuye a uno de los aspectos logísticos más complejos en cualquier sector de la economía donde las inversiones en los inventarios son cuantiosas y el control del capital asociado constituye una potencialidad para lograr mejoramientos en el sistema.

CAPITULO I

GESTIÓN DE INVENTARIO A TRAVÉS DE PUSH & PULL E INVENTARIO MANEJADO POR EL PROVEEDOR – EN PRODUCTOS RISA, S.A. DE C.V.

RESUMEN

La gestión de inventarios es un elemento clave el cual deben incorporar las Organizaciones independientemente de su tamaño, con el objetivo de optimizar la rentabilidad. Para ello es importante que la gestión de inventarios sea una directriz a observar tanto por el personal administrativo como operativo. Este caso de estudio se realizó en la empresa Productos RI SA, S.A. de C.V., dedicada a la elaboración de dulces y clasificada como mediana dentro del rubro de las Pequeñas y Medianas empresas en México. Al analizar el contexto de la empresa se detectó que no tiene implementadas estrategias financieras y sistemas de control de inventarios. Por lo cual se utilizó la clasificación ABC para delimitar el área de estudio; analizando también el comportamiento y patrón de la demanda. Así mismo se detectó un comportamiento estacional, siendo un 45% de los productos determinísticos y el resto probabilísticos, basándose en la información de los balances de ventas del periodo 2011 al 2014. A consecuencia de este análisis, se determinó emplear los modelos de cantidad económica de pedido (EOQ), revisión continua e inventarios en tránsito. El objetivo es proponer e incorporar la gestión de inventarios y un esquema de producción Push & Pull y Vendor Management Inventory (VMI).

Palabras clave: *modelo q, R, modelo EOQ, sistemas de producción pull y push, VMI.*

INVENTORY MANAGEMENT THROUGH PUSH & PULL AND VENDOR MANAGEMENT INVENTORY– CASE OF STUDY RISA PRODUCTS

ABSTRACT

The inventories management is a key element, which must be incorporate to the organizations regardless of its size, with the main objective to optimize the profitability. For this purpose it is important that the inventory management would be a guideline to be observed by the administrative and operational staff. This case study was conducted in RI SA Products, which is a Mexican SME (Small and Medium Enterprises) company dedicated to the candies production. At the moment to analyze the company's context it was detected that there were not any financial strategy implementation and inventory management systems. Therefore the ABC classification was used to delimit the study area and also examining the behavior and pattern of demand. Likewise, a seasonal behavior was detected, being 45% of the products deterministic and the remainder probabilistic, based on the sells balance sheets of 2011 to 2014. As a result of the analysis, it was determined the use of Economic order quantity (EOQ), continuous review and inventory in transit models. The main objective is to propose and to incorporate the inventory management, a Pull & Push production scheme and a Vendor Management Inventory (VMI).

Key Words: *q, R model, EOQ model, push &pull systems, VMI.*

1.1. INTRODUCCIÓN

México es uno de los principales países productores y consumidores de confitería en América y el mundo. Sin embargo, el comportamiento de las ventas en el mercado interno durante los últimos cinco años no se ha incrementado de acuerdo a lo estimado; comparado con el indicador de crecimiento poblacional que en el período de 2008 – 2013 reportó un incremento del 1.25% promedio por año [4].

Algunos estudios estiman que el mercado confitería se ubicará entre 4,400 a 5,400 MMUS\$ (millones de dólares) en los próximos 4 años; por lo cual, México tiene una gran oportunidad de afianzar su posición ya que es el segundo proveedor de confitería en Estados Unidos; en el mercado interno se tiene un consumo per cápita de 4.5 kg/año [15].

PRODUCTOS RI SA, S.A. de C.V. es una empresa fundada en el año 1985, dedicada a la elaboración de dulces. Su producción es 90% artesanal (hecha a mano) y su mercado potencial ha sido el interno, sin embargo, a partir del año 2013 ha incursionado en el ámbito internacional, logrando colocar ventas en Estados Unidos, Canadá, Italia y Colombia. Dicha empresa pertenece al grupo de medianas empresas, dentro de la clasificación de PyME (Pequeñas y Medianas Empresas) debido a que cuenta con un total de 68 empleados, [11].

Es por ello que en el presente trabajo se proponen diferentes herramientas que permitan incrementar la efectividad de las operaciones diarias, teniendo como objetivo principal mejorar el pronóstico, control de inventarios, la gestión de ventas y el servicio al cliente. Se inició con un diagnóstico general de los balances de ventas de los últimos 4 años, enfocando el estudio de la demanda de sus productos, logrando identificar la ausencia de una política de inventarios. A partir de su comportamiento, se evaluaron diversos métodos de pronóstico y modelos de gestión de inventarios acorde a las necesidades de la empresa.

1.2. MATERIALES Y MÉTODOS

El Sistema de Gestión de Inventarios es una de las alternativas más influyentes en el esfuerzo para la reducción de costos y mejora de la rentabilidad, busca incrementar los niveles de servicio al cliente, la liquidez y permite a las organizaciones prevenirse frente a las fluctuaciones de la demanda; a través de un óptimo nivel de seguridad y logrando mantener los inventarios necesarios del producto [8] [13].

Ronald Ballou (2004), indica que los inventarios son acumulaciones de materias primas, trabajos en proceso y productos terminados que aparecen a lo largo de la línea de producción y de logística de una empresa. El inventario se genera cuando el volumen de lo recibido es mayor que el volumen de lo que se distribuye [12].

Para manejar el inventario almacenado es necesaria una clasificación para conocer desde el acondicionamiento de los artículos hasta cuándo y cuánto se deberá solicitar. El Modelo de inventarios ABC es un proceso que consiste en dividir los artículos en tres clases de acuerdo a su

rentabilidad; permitiendo a los gerentes enfocarse en los artículos que presenten una mejor y/o mayor ganancia para la organización. Esto es similar a un diagrama de Pareto, pero enfocado al inventario y con tres grados de segmentación [12].

Para dar respuesta a las preguntas de cuándo y cuánto solicitar de cada artículo, existen diversos métodos de gestión de inventarios aplicados para desarrollar un sistema adecuado al comportamiento de la demanda. Los modelos para la Administración del Inventario se agrupan en dos categorías, determinísticos y probabilísticos [13].

El Inventario Gestionado por el Vendedor (VMI) es el proceso en el cual el vendedor asume las tareas de generar pedidos de compra para el reabastecimiento del inventario de los clientes o Retailer Managed Inventory [1] [5] [10] [16] [19].

El enfoque VMI se define como una relación entre los vendedores y los compradores mediante la cual los compradores acuerdan permitirle al vendedor administrar sus decisiones de inventario y reabastecimiento. La utilización de este sistema ha crecido en la industria en los últimos años. Las evidencias de estudios anteriores han demostrado que este enfoque puede mejorar el desempeño de la cadena de suministros al permitir disminuir los niveles de inventario. Los investigadores han demostrado que el enfoque VMI funciona mejor comparado con los sistemas tradicionales de la cadena de suministros y la respuesta ‘Justo a Tiempo’ al comparar funciones de costo o utilidad [21].

El VMI es una práctica de aprovisionamiento que permite una respuesta rápida del vendedor a la demanda final y representa un alto nivel de asociación, donde el vendedor es el tomador de decisiones primario en la colocación de órdenes y en el control de inventarios. Bajo un sistema VMI, el proveedor decide las políticas y el nivel de inventario para cada producto [1].

Un programa típico de VMI involucra a un proveedor que monitorea los niveles de inventario de su cliente y asume la responsabilidad de reaprovisionar inventario para alcanzar objetivos específicos. Como el proveedor es quien toma la decisión de reaprovisionar, el comprador reduce sus costos de ordenar y de mantener inventario, mientras que el proveedor soporta la carga de tener el inventario y de pronosticar la demanda, pero probablemente gana oportunidades para mejorar la eficiencia de la producción y el mercadeo [1].

La dificultad para generar confianza entre los actores constituye una de las mayores barreras para el éxito de VMI. Inclusive, si la información necesaria está disponible los actores de la cadena pueden ser reticentes a revelar información debido a la falta de confianza y el temor a que la información sea revelada a sus competidores. La confianza es una condición que subyace al ideal de integración o coordinación. Por otra parte, a cada agente, desde su punto de vista local, le conviene conservar sus restricciones e intereses, que podrían generar un conflicto e impedir la implementación de una estrategia de integración o coordinación [21].

Un acuerdo VMI consiste en una estrategia mediante la cual los agentes de la cadena de suministros comparten información relacionada con la demanda para conceder la coordinación de los niveles de inventarios del comprador hacia el productor [21].

Los Sistemas de Control de Producción están orientados a la programación de las operaciones, buscando un adecuado manejo de los procesos productivos e integrando las diferentes funciones de planeación y ejecución de la producción; a partir de la utilización de técnicas, diagramas, gráficos y softwares, apoyando la toma de decisiones para la selección del mejor esquema de producción [7].

Los Sistemas de Producción pueden clasificarse basándose en su forma de administrar el flujo de producción en dos grandes categorías, Sistemas PUSH y PULL; así mismo los ámbitos de manufactura Make To Stock (MTS) y Make To Order (MTO) también están relacionados con los sistemas antes mencionados.

Aplicando Make to Stock no es requerida una demanda explícita por parte del cliente [14], a diferencia de Make to Order donde el factor detonante es la demanda [6].

Make to Stock y Make to order son estrategias que están siendo utilizadas en forma separada o combinada, por diferentes industrias, con la finalidad de mejorar los resultados de las organizaciones.

Este caso de estudio tiene como objetivo identificar la estrategia de inventarios y logística que se aplica en la Organización en su proceso de ventas; para lo cual se realizó el análisis de las ventas correspondientes al año 2013.

Actualmente la empresa no cuenta con un sistema de gestión de inventarios y es de su interés implementar alguna metodología relacionada con éste para hacer eficiente su operación.

A partir del análisis de datos del año 2013, se realizó el balance mensual y anual por producto - tipo de empaque; elaborando la clasificación ABC y determinando los Coeficientes de Variabilidad (CV) [20], los resultados obtenidos indican un comportamiento estocástico de la demanda. Así mismo se elaboró el análisis de Pareto para las ventas mensuales, encontrando que el 80% es realizado en cinco meses “enero, octubre, septiembre, noviembre y abril”, como se muestra en el Figura 1.

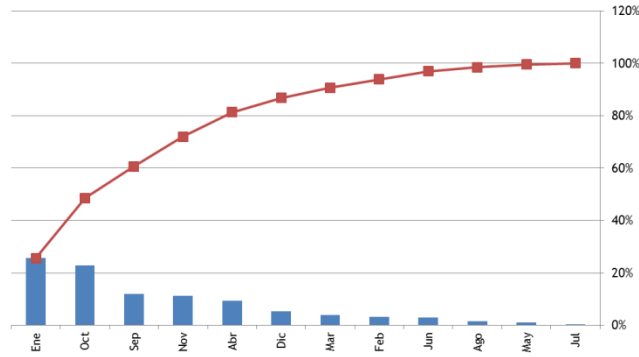


Figura 1. Pareto de ventas 2013 de Productos RISA.

Fuente: Elaboración propia.

Lo anterior marca una tendencia de producción con fechas clave para la empresa establecida en México, como son: 14 de febrero “San Valentín”, 1 y 2 de noviembre “Día de Muertos” (Halloween), 24 de diciembre “Navidad”, 30 de abril “Día del Niño” y 10 de mayo “Día de las Madres”. De acuerdo a esto, se optó por incorporar un ambiente de manufactura mixto, por un lado fabricar para inventario “make to stock” todos aquellos productos que uniformemente se venden durante el año y por otro lado fabricar a pedido “make to order” todo aquel producto que sólo se vende en épocas especiales del año. La caducidad de los productos es de 10 meses, por lo tanto, no representa una restricción con impacto sobre la decisión del ambiente de manufactura.

Inicialmente el comportamiento de la demanda de los productos evaluados en el año 2013 para todos los productos era estocástico; al ampliar el estudio en el periodo 2011 a octubre 2014, se identificaron productos con un comportamiento determinístico y otros con comportamiento estocástico.

En la clasificación A, el 80% es alcanzado con la venta de los primeros cinco productos del período de análisis: Paletón Navidad, paletón San Valentín, paleta de Muertos, estuche corazonada y paletón Cowco. A partir de los resultados obtenidos (determinísticos y estocásticos) se propuso un esquema de producción mixto, Push y Pull (empujar y halar), el cual le permita a la organización satisfacer la demanda del mercado.

Para determinar el porcentaje de la demanda fue necesario determinar la TMAC “Tasa Media Anual de Crecimiento” para el periodo del caso de estudio, la cual se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Cálculo de la Tasa Media Anual de Crecimiento, clasificación A (2011-2014).
Productos RI - SA, clasificación A

No.	Producto	Unidades				Total	Coeficiente variabilidad	Modelo	TMAC	Distribución ventas		
		2011	2012	2013	2014					2012	2013	2014
1	MALVAVISCO CORAZONADA	33,600				33,600			-100%			
2	PALETON NAVIDAD 24 PZAS	25,498	24,138	22,361	22,698	94,695	0.0608	Determinístico	-4%	26.8%	29.3%	
3	PALETA DIA DE MUERTOS 24 PZAS	20,233		11,385	12,406	44,024	0.3299	Probabilístico	-15%		14.9%	15.6%
4	PALETON COWCO Y AMIGOS 24 PZAS	13,664	11,370	9,746		34,780	0.1698	Determinístico	-16%	12.6%	12.8%	0.0%
5	PALETON JGOS PANAMERICANOS 24	10,520				10,520			-100%			
6	PALETON SAN VALENTIN 24 PZAS		29,291	20,391	23,480	73,162	0.1853	Determinístico	-10%	32.6%	26.7%	29.6%
7	ESTUCHE CORAZONADA		13,728	12,492	9,592	35,812	0.1779	Determinístico	-16%	15.3%	16.4%	12.1%
8	PALETON 10 DE MAYO 24 PZAS		11,376		11,176	22,552	0.0125	Determinístico	-1%	12.7%		14.1%

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la clasificación ABC y la TMAC mostraron una reducción en las ventas y fue necesario evaluar los balances volumétricos por cantidad total de producto comercializado, así como el cálculo del coeficiente de variabilidad. En la clasificación A se identificaron seis productos, de los cuales tres muestran estacionalidad y dos son probabilísticos. El promedio de los productos identificados en la clasificación ABC en el periodo 2011 a 2014 “octubre”, representan el 90.3%; la clasificación A equivale al 75.3%; permitiendo identificar que se carece de una estrategia de comercialización y la gestión de inventarios actual no es consistente.

Los resultados obtenidos del balance global por producto y TMAC para los artículos que integran la clasificación A, se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Cálculo de la TMAC en la clasificación A, por producto (2011-2014).
Productos RI - SA, clasificación A

No.	Producto	Unidades				Total	Coeficiente variabilidad	Modelo	TMAC	Distribución ventas		
		2011	2012	2013	2014					2012	2013	2014
1	PALETON NAVIDAD	790,540	772,146	705,176	574,530	2,842,392	0.1377	Determinístico	-8%	43.9%	56.6%	37.5%
2	PALETA DIA DE MUERTOS	577,696	300,512	303,760	381,966	1,563,934	0.3326	Probabilístico	-10%	17.1%	24.4%	25.0%
3	PALETON COWCO Y AMIGOS	336,140	284,914	247,596	196,972	1,065,622	0.2208	Probabilístico	-13%	16.2%	19.9%	12.9%
4	PALETON JGOS PANAMERICANOS 24	252,480				252,480			-100%			
5	PALETON 10 DE MAYO	213,852	288,746		281,528	784,126	0.1581	Determinístico	10%	16.4%		18.4%
6	PALETON SAN VALENTIN		886,024	694,800	669,882	2,250,706	0.1576	Determinístico	-13%	50.3%	55.8%	43.8%

Fuente: Elaboración propia

De lo observado en la Tabla 2, se propone un esquema de producción mixto Push & Pull (empujar y halar); con un valor techo de la producción Push del 80% en la demanda observada del año $t-1$ con relación al año de pronóstico, y 20% de la demanda observada debe ser distribuida entre la estrategia de Pull y VMI, restando a éste último, el valor de la tasa media anual de crecimiento observada, permitiendo cubrir la demanda estimada a partir de tres esquemas con el objetivo de optimizar la gestión de inventarios.

El análisis de clientes se elaboró con el balance 2014, identificando 1,702 operaciones con 84 clientes; las operaciones de compra realizadas por el cliente principal son superiores en 86.87% con relación al segundo cliente; de lo anterior se consideró al cliente principal como soporte para el desarrollo del esquema de la propuesta de producción mixto “Push y Pull”, vinculado con los procesos de manufactura “Make to Stock” - “Make to Order” y VMI. Mediante un análisis de Pareto se identificó que el cliente principal representa el 75.6% de los volúmenes de ventas totales

De los análisis realizados en el período de estudio, se identificaron tres vectores relevantes a resolver: los dos primeros pertenecen a la clasificación A del balance global por productos:

- a)- Identificar el modelo de gestión de inventarios a proponer para el producto Paletón de Navidad, el cual de acuerdo a su coeficiente de variabilidad es del tipo Determinístico.
- b)- Identificar el modelo de gestión de inventarios a proponer para el producto Paletón Cowco y Amigos, el cual de acuerdo a su coeficiente de variabilidad es del tipo Probabilístico.

El tercer vector se relaciona al análisis por clientes, determinando investigar el esquema de entrega al cliente principal:

- c)- Identificar el modelo de gestión de inventarios en tránsito para el producto Paletón Día de Muertos.

Por último identificar la incorporación del esquema VMI; partiendo de los resultados alcanzados en las ventas durante el año 2014 por el cliente principal:

- d)- Identificar el modelo VMI para el cliente principal de Productos RI SA.

1.3. RESULTADOS

En el período de estudio se identificó que aproximadamente el 75% de las ventas totales en promedio de la empresa se ubican en la clasificación A; en la Tabla 3 se muestra la distribución de las ventas aplicando la clasificación ABC.

Tabla 3. Distribución de la Clasificación A, B y C.

Año	Productos comercializados	Clasificación					
		A		B		C	
		Productos	% ventas	Productos	% ventas	Productos	% ventas
2011	59	5	72.4%	5	12.1%	5	1.7%
2012	47	5	79.7%	5	10.1%	5	1.7%
2013	50	4	75.1%	5	16.4%	5	2.5%
2014	57	5	74.0%	5	12.6%	5	3.1%

Fuente: Elaboración propia.

La solución a la problemática identificada en la gestión de la empresa en el período de análisis 2011 – 2014 (octubre), se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Clasificación A de los volúmenes de producto (2014).

No.	Producto	Unidades				Coeficiente variabilidad	Modelo	TMAC
		2011	2012	2013	2014			
1	PALETON NAVIDAD	790,540	772,146	705,176	574,530	0.1377	Determinístico	-8%
3	PALETON COWCO Y AMIGOS	336,140	284,914	247,596	196,972	0.2208	Probabilístico	-13%

Fuente: Elaboración propia.

Se revisaron las metodologías de los modelos de gestión de inventarios para comportamientos determinísticos y probabilísticos del producto 1 “Paletón Navidad” y el producto 3 “Paletón Cowco y amigos”.

Modelo determinístico

Cálculo del Modelo Determinístico de Lote Económico de Pedido (EOQ), [18]:

Cantidad óptima a ordenar:

$$q^* = \sqrt{\frac{2Kd}{h}}$$

Costo total logístico de inventario:
$$\mu(q) = \frac{Kd}{q} + cd + \frac{hq}{2}$$

Duración del ciclo de pedido:
$$T^* = \frac{q^*}{d}$$

Número de órdenes anuales:
$$n = \left(\frac{d}{q^*} \right)$$

Dónde:

d : Demanda determinística

q^* : Tamaño óptimo de cada pedido

q : Tamaño de cada pedido

K : Costo de ordenar

h : Costo de sostener inventario

c : Costo de compra

El producto 1 “Paletón Navidad”, presentó un coeficiente de variabilidad de 0.13, asumiendo que la demanda es conocida [18]; se seleccionó el Modelo de Cantidad Económica de pedido (EOQ). A través de la aplicación del modelo EOQ, se obtiene el Figura 2 y los resultados se muestran en la Tabla 5.

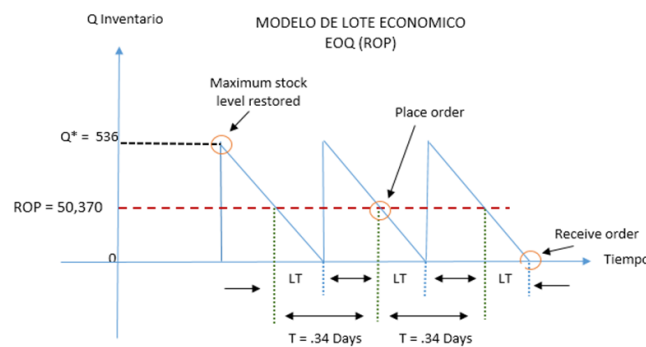


Figura 2. Modelo de Lote económico (EOQ).
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Resultados del modelo EOQ.

Pedidos	0.34 días = 8.17 horas
Pedidos por año	1,072
Tiempo de entrega	32 días
Punto de re orden	50,370 unidades
Demanda diaria	1, 574 piezas

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del modelo EOQ para el Paletón Navidad muestran áreas de oportunidad para la optimización de inventarios, debido a que se procesan 2.93 pedidos por día; con la aplicación del modelo propuesto se identificó que no existe control en las actividades logísticas, afectando al usuario final e impactando en la rentabilidad por el incremento de los costos en alguna etapa del proceso.

La aplicación del modelo EOQ nos indica que cada 0.34 días y/o cada 8 horas a la Pyme en estudio le es colocado un pedido por parte de sus clientes, los cuales en el año de análisis fueron 80; de lo anterior es relevante destacar que los pedidos recibidos no se surten inmediatamente, ya que si así se realizara, los costos de transporte serían muy elevados y los márgenes se reducirían drásticamente; los pedidos se acumulan y procesan para ser surtidos de acuerdo al tiempo de re surtimiento que es cada 32 días y a través del cual se surten a los diferentes clientes.

Durante el período de estudio se recibieron 1706 órdenes de pedido para toda la canasta de productos ofertados por la Pyme, lo cual implica que por día les fueron colocadas 4.67 órdenes de surtimiento.

El caso sería diferente si la Pyme contará con un solo cliente, ya que la cantidad a ordenar sería de acuerdo al comportamiento de su demanda; sin embargo, la base actual de clientes de la Pyme nos indica que es un cliente grande y el resto son pequeñas y medianas empresas de acuerdo a la clasificación para las Pymes en México.

Con estas características en los clientes, el punto óptimo de reabastecimiento es cada 32 días y que implica la atención aproximadamente de 94 pedidos.

Modelo probabilístico

Cálculo del Modelo revisión continúa con demanda incierta - con desviación estándar (q , R) [9]:

Cantidad optima a ordenar:

$$q^* = \sqrt{\frac{2Kd}{h}}$$

Cálculo de R :

$$R = d^*L + Z_{CSL} * S'd$$

Costo total logístico de inventario:

$$\mu(q) = \frac{Kd}{q} + cd + \frac{hq}{2}$$

Nivel de servicio por piezas:

$$FR = 1 - \frac{S'd * E_z}{q}$$

Dónde:

$S'd$: Desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega

d : Demanda

L : Lead Time

Z_{CSL} : Valor de Z para la distribución normal con un nivel de servicio en el ciclo, definido.

q^* : Tamaño óptimo de cada pedido

K : Costo de ordenar

h : Costo de sostener inventario

c : Costo de compra

u : Costo de stockout (costo de faltante)

E_z : Proporción de stockout (faltante), dada Z

Para este modelo se aplica un stock de seguridad = $Z_{CSL} * s_d$ (desviación estándar ajustada)

El producto 3 “Paletón Cowco y Amigos” presentó un coeficiente de variabilidad de 0.22, indicando que la demanda es incierta; se seleccionó el Modelo q, R revisión continua con demanda incierta - con desviación estándar. A través de la aplicación de las fórmulas se obtiene el Figura 3 y los resultados en la Tabla 6.

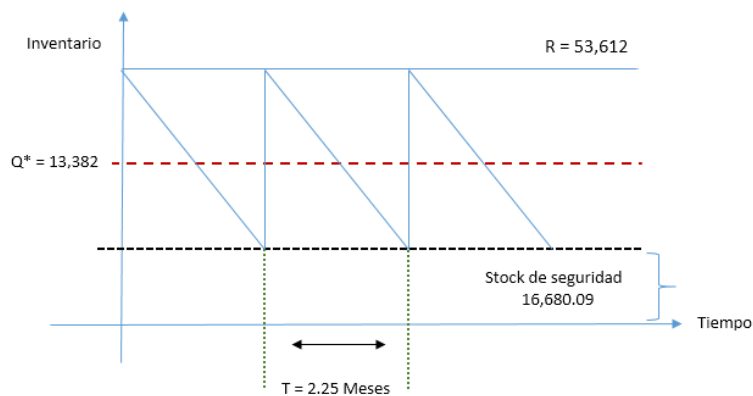


Figura 3. Modelo probabilístico (q, R).
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Resultados del modelo q, R .

Cantidad óptima a ordenar	13, 382 piezas
Punto de re orden	53, 612 piezas
Costo total logístico de inventario	\$441, 707.47
Nivel de servicio	95.20%
Stock de seguridad	16,680.09 piezas

Fuente: Elaboración propia.

La razón de servicio es del 82.21% y es influenciado por el valor de la desviación estándar, indicando que en el periodo de análisis las ventas no han sido homogéneas y presentando variación en su comportamiento; este producto es clave en la rotación de inventarios por lo cual es importante incorporar herramientas que permitan optimizar los resultados desde el ámbito logístico de la “gestión de inventarios”.

Inventario en tránsito

Se identificó que el cliente principal adquiere el 60.4% de la oferta la cual se presenta en la Tabla 7; se revisaron los modelos de inventarios en tránsito y se empleó la información del producto 2 “Paleta de Día de Muertos”.

Tabla 7. Clasificación A de los volúmenes de producto (2014).

No.	Producto	Unidades				Coeficiente variabilidad	Modelo	TMAC
		2011	2012	2013	2014			
2	PALETA DIA DE MUERTOS	577,696	300,512	303,760	381,966	0.3326	Probabilístico	-10%

Fuente: Elaboración propia.

Para la obtención del inventario en tránsito, se emplearon los datos mostrados en las Tablas 8 y 9.

Tabla 8. Valor promedio, ventas diarias y costo promedio de los productos RISA.

Valor promedio	\$32.00	de cada producto
Ventas diarias	12,321	unidades
Costo promedio	22.2%	anual

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Horas invertidas en el inventario en tránsito.

Tránsito	Horas	Inventario en tránsito
Planta a Chalco	0.34	4,189.30
Planta a Santa Bárbara	1.04	12,814.34
Planta a la Luz	0.59	7,269.68
Planta al Peral	1.04	12,814.34
Total	3.01	37,087.67

Fuente: Elaboración propia.

Para obtener el inventario total en tránsito, se llevan a cabo las siguientes operaciones:

- * Inventarios totales en tránsito = Inventario total en tránsito x valor promedio.
- * Valor total del inventario en tránsito = Inventario total en tránsito x Costo unitario promedio del producto
- * Costo de manejo del inventario 22.2% x valor total del inventario en tránsito.

El costo anual de manejo de inventarios en tránsito asociado con un eslabón único en el canal de suministro se calcula de la siguiente forma [2]:

$$C_{IT} = \frac{ICDt}{365}$$

Dónde:

I = Manejo anual para productos en tránsito en %/año.

C = Valor del producto en el punto de tránsito en el canal de suministros en \$/unidad.

D = Demanda anual en unidades.

t = Tiempo de tránsito en días.

365 = Días calendario en el año.

I puede variar con los costos de almacenamiento y transporte.

La aplicación del modelo de gestión de inventarios en tránsito arrojó los resultados mostrados en la Tabla 10.

Tabla 10. Resultados del modelo de Gestión de inventarios en tránsito.

Costo total de inventario en tránsito	\$ 1,186,805.33
Costo por sostener inventario en tránsito	\$ 263,470.78
Volumen total en tránsito (unidades)	37,088.00

Fuente: Elaboración propia.

En las Figuras 4 y 5 se muestran las distribuciones de los productos RI SA hacia el cliente principal, que cuenta con cuatro centros de distribución.



Figura 4. Volumen de distribución de productos RI SA, S.A. de C.V., a cliente principal.

Fuente: Elaboración propia.

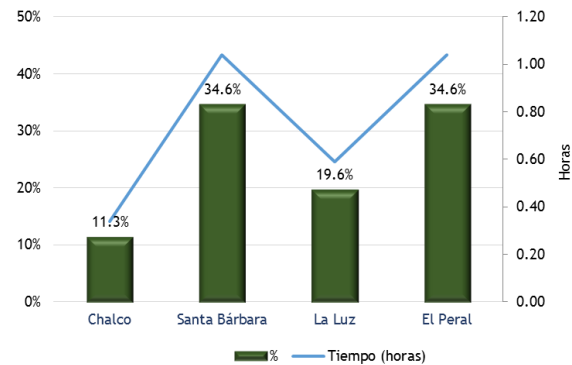


Figura 5. Tiempo de transporte de productos RI SA, S.A. de C.V., a cliente principal.

Fuente: Elaboración propia.

En base a la distribución de los volúmenes de los inventarios en tránsito para el cliente principal, se muestra el Pareto del Figura 6, que nos permite verificar los puntos de mayor demanda del cliente en comento.

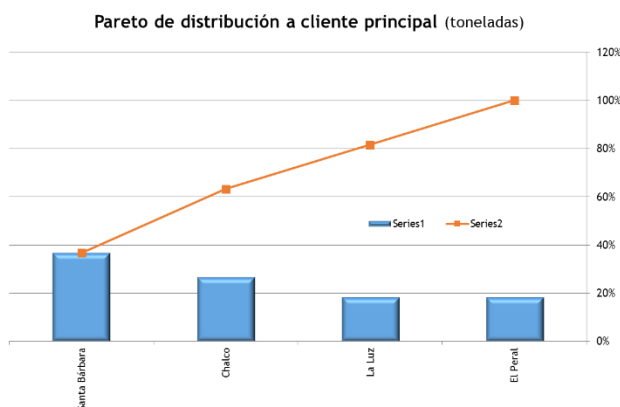


Figura 6. Diagrama de Pareto “distribución de inventarios en tránsito productos RI SA, S.A. de C.V.
Fuente: Elaboración propia.

Con los resultados obtenidos en la gestión de inventarios en tránsito del cliente principal, se observó que es necesario realizar la evaluación de los inventarios en tránsito para los 83 clientes reportados en el 2014 y los cuales representaron el 39.61% de las ventas.

VMI (ventas administradas por el proveedor)

El esquema propuesto se fundamenta en los resultados de las ventas del cliente principal durante el año 2014; los cuales representan el 67% del total de las ventas realizadas.

A partir de un análisis de Pareto, se identificó que los productos agrupados en la clasificación A representan más del 80% de las compras realizadas. Sin embargo, es relevante destacar que dentro del porcentaje de las compras realizadas por el cliente principal se tienen diferentes productos y de los cuales algunos presentan demandas determinísticas y otras estocásticas.

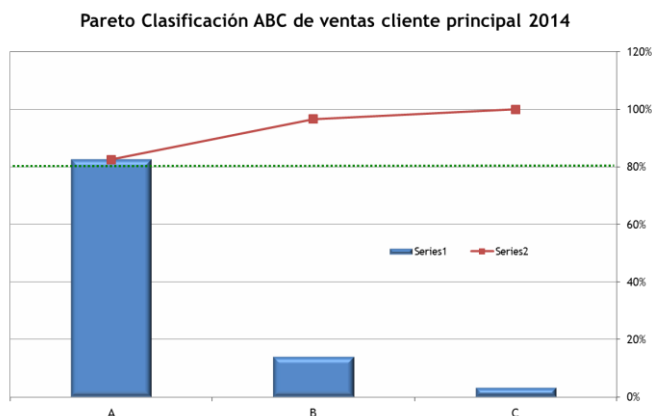
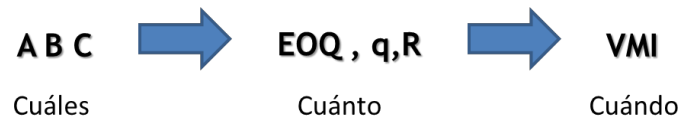


Figura 7. Diagrama de Pareto “clasificación ABC de ventas cliente principal”.
Fuente: Elaboración propia

La estructura del VMI colaborativo se fundamenta en una relación de confianza entre los actores que implementan esta metodología, donde ambas partes tienen como objetivo establecer una relación ganar – ganar.

De lo anterior se identificaron las relaciones existentes entre las etapas del proceso; clasificación ABC, EOQ “determinístico” q,R “estocástico” y VMI, donde;

Figura 8. Secuencia entre las metodologías aplicadas para la optimización.



Fuente: Elaboración propia

La clasificación ABC nos permite identificar cuáles son los productos que generan los mayores ingresos, el EOQ y q.R identifican el tipo de comportamiento que presenta la demanda de cada uno de los productos que son elaborados y por ultimo VMI permite generar con los clientes sinergias con la finalidad de incrementar la rentabilidad a través de la optimización de la gestión de inventarios.

El VMI colaborativo es propuesto en la relación con el cliente principal, ya que las ventas de 2014 alcanzaron la cantidad de 1,708,276 unidades; dicho cliente cuenta con tres centros de distribución, los cuales le permiten abastecer sus tiendas a nivel nacional. La propuesta se fundamenta en implementar la metodología con este cliente de Productos RI SA, S.A de C.V.; de acuerdo al comportamiento de las ventas en piso “tiendas”, lo cual le permitirá generar las solicitudes de elaboración de paletones y golosinas.

Un elemento clave a seguir por parte del cliente es el comportamiento de las ventas y evaluar los niveles de inventario en sus CEDIS; la aplicación de esta metodología puede permitir a la Organización revertir el comportamiento negativo en el crecimiento de las ventas que ha presentado en los últimos años.

En relación a los productos que se ubican en la clasificación B se encontró que el producto Paletón Primavera presenta comportamiento probabilístico, sin embargo, para la clasificación C se encontró tanto el comportamiento determinístico como el probabilístico para los productos Paletón Santa y Paletón Rosa respectivamente.

Es relevante señalar que la solución aplicada para los comportamientos identificados en las clasificaciones B y C son los modelos; Modelo Determinístico de Lote Económico de Pedido (EOQ) y Modelo revisión continua con demanda incierta - con desviación estándar (q, R).

1.4. DISCUSIÓN (CONCLUSIONES)

Dentro de las Organizaciones es relevante conocer el comportamiento en el crecimiento de las ventas en un período de tiempo, por lo cual se determinó la tasa media anual de crecimiento “TMAC” de los productos “Paletón de Navidad, Paleta de Día de Muertos y Paletón Cowco y Amigos”; sin embargo, los resultados obtenidos del período 2011 – 2014 fueron negativos.

Con la finalidad de revertir el comportamiento observado en la “TMAC” en el período de estudio y mejorar la gestión de inventarios de la Organización, se elaboró la propuesta de proyección de las ventas para el periodo 2014 “octubre”, realizando la distribución de las mismas a través de incorporar los esquemas de producción Push & Pull, ámbito de manufactura “Make to Stock” & “Make to Order” y el inventario gestionado por el proveedor “VMI”; el esquema desarrollado de la oferta se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11. Distribución de la oferta.

No.	Producto	Ventas	TMAC	Push -	Pull -	VMI
		2014		Make to Stock	Make to Order	
1	PALETON NAVIDAD	574,530	-8%	459,624	57,448	57,458
2	PALETA DIA DE MUERTOS	381,966	-10%	305,573	38,193	38,200
3	PALETON COWCO Y AMIGOS	196,972	-13%	157,578	19,696	19,699

Fuente: Elaboración propia.

La proyección propuesta le permitiría a la Organización minimizar el desperdicio debido a que el comportamiento del mercado será evaluado a través de los resultados obtenidos por la tasa media anual de crecimiento “TMAC” y el cual en este caso lo vinculamos a una estrategia de VMI colaborativo; es decir si la TMAC es positiva el comportamiento de VMI será directamente proporcional; lo que implica que la demanda del producto aumentará.

Para desarrollar la proyección de ventas del año 2015 es importante tener en consideración la perspectiva macroeconómica interna que se tiene para el PIB en este período, sin embargo, no se puede considerar como tal el valor del PIB estimado, sin antes considerar el “Sistema de clasificación industrial de América del Norte” (Estructura del SCIAN México, 2013) en el cual los productos elaborados por Productos RI SA caen en el apartado 3113 que corresponde a la “elaboración de azúcar, chocolates, dulces y similares”; el cual pertenece a la industria alimentaria (311).

Adicionalmente para determinar el valor a utilizar del PIB para la proyección se consideró la tasa de crecimiento poblacional observada en México del año 2011 al 2013 (Banco Mundial, 2014); el cual fue de 0.49% y la perspectiva de crecimiento para el sector alimentario en el 2015 se estima en 2.78%; con los datos anteriores se determina el factor para estimar el crecimiento potencial que se puede presentar en el crecimiento de las ventas; los productos elaborados y comercializados por Productos RI SA pertenecen a las sub clasificaciones 31133 y 31134.

El factor de proyección utilizado considera la relación entre el PIB estimado para la industria alimentaria y la tasa de crecimiento poblacional; en la Tabla 12 se muestra la distribución resultante de los esquemas de producción, ámbito de manufactura y VMI para el año 2015.

Tabla 12. Perspectivas de crecimiento económico y ventas 2015.

No.	Producto	Ventas	PIB	Push -	Pull -	VMI
		2015	2015*	Make to Stock	Make to Order	
1	PALETON NAVIDAD	786,700	1.37	629,360	78,663	78,677
2	PALETA DIA DE MUERTOS	523,023	1.37	418,419	52,298	52,307
3	PALETON COWCO Y AMIGOS	269,712	1.37	215,770	26,969	26,973

Fuente: elaboración propia.

La perspectiva permiten identificar áreas de oportunidad para la empresa, y, si estas son incorporadas en el proceso de Planeación de la Organización los resultados podrían mejorar.

1.5. AGRADECIMIENTOS

Reiteramos nuestro agradecimiento a Productos RISA, S.A. de C.V. por las facilidades otorgadas y el apoyo brindado durante el proceso de desarrollo del caso de estudio, que dio soporte a la elaboración del presente artículo.

1.6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Arango, M., Adarme, W. and Otero, M. Coordinación de abastecimiento con información compartida en PYMES agroalimentarias colombianas, DYNA, año 78 No. 167, 2011, ISSN 0012-7353.

[2] Arango, M., Zapata, J., Jaimes, W. Aplicación del modelo de inventario manejado por el vendedor en una empresa del sector alimentario colombiano. Revista EIA, Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín, Colombia. 2011. Número 15, pp. 21-32. ISSN 1794-1237.

[3] Ballou, R. Logística: Administración de la cadena de suministro. México: Pearson Prentice Hall. 2004. ISBN 978- 970-10-6132-9.

[4] Banco Mundial 2014.

[5] Bowersox, D.; Closs, D.; Cooper, M. Administración de la cadena de suministros, 2da. ed., México D.F., Mc Graw Hill, 2007. ISBN 9789701061329.

[6] Chen, C.-S., Mestry, S., Damodaran, P., Wang, C. The capacity-planning problem in make-to-order enterprises. Mathematical and Computer Modelling. 2009. 1461-1473. DOI: 10.1016/J.MCM.2009.07.010.

[7] Delgado, A. y Zerega, R. Evaluación de sistemas de control push y pull en una línea de producción. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción en Guayaquil, Ecuador. 2010.

[8] Díaz, J. A., Pérez, D. Optimización de los niveles de inventario en una cadena de suministro, Ingeniería Industrial. 2012. vol. 33, no. 2, pp. 126-128. ISSN 1815-5936.

[9] Hiller, F.S y Hiller., M.S., (2008). Métodos cuantitativos para administración. Mc Graw Hill. México.

[10] Hugos, M. H. Essentials of supply chain management. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2003. 254 p. ISBN 0- 471-23517-2.

[11] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Micro, Pequeña, Mediana y Gran empresa estratificación de los establecimientos. Censos económicos 2009. México: INEGI.

[12] Krajewski, L., Ritzman, L. Administración de operaciones estrategia y análisis. México: Pentice Hall. 2000. ISBN 970-26-0540-7.

[13] Pérez, I., Cifuentes, A., Vásquez C., Ocampo D. Un modelo de gestión de inventarios para una empresa de productos alimenticios. Ingeniería Industrial. 2013. Vol. XXXIV No. 2, pp. 227-236. ISSN 1815-5936.

[14] Rafiei, H., Rabbani, M. Order Partitioning in Hybrid MTS / MTO Contexts using Fuzzy ANP. Engineering and Technology. 2009. pp. 467-472.

[15] Rodríguez, R. Segmentación en confitería: La receta de analítica de los expertos. SYNTEC Customer & Operation Strategy. 2014.

[16] Silver, E. A.; Pyke, D. F. and Peterson, R. Inventory management and production planning and scheduling. 3 ed. New York: John Wiley and Sons, 1998. 754 p. ISBN-978-0471119470.

[17] Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte 2013 (SCIAN 2013), INEGI. Consultado: 10 de junio 2015.
<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/SCIAN/presentacion.aspx>

[18] Taha, H. Investigación de operaciones. México: Alfaomega. 2004. ISBN 978-607-32-0796-6.

[19] Taylor, G. Don. Logistics engineering handbook. Boca Raton, FL: CRC Press, 2008. 640 p. ISBN 978-0-8493-3053-7.

[20] Triola, M., Estadística Décima edición México, Pearson Educación, 2008, ISBN: 978-970-26-1287-2

[21] Villa, M., Torres, J.F. Análisis de teoría de juegos en cadenas de suministro de dos niveles, productor- comprador, bajo esquema Vendor Managed Inventory (VMI), ITECKNE, Vol. 9 Número 1, 2012, ISSN: 1692-1798

CAPITULO II

ANÁLISIS DE SERIES DE TIEMPO EN EL PRONÓSTICO DE LA DEMANDA DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS PERECEDEROS

RESUMEN

Los pronósticos son una herramienta que proporciona un estimado cuantitativo de la probabilidad de eventos futuros. La relevancia de incorporar pronósticos en la demanda de almacenamiento en productos perecederos dentro de la cadena de frío deriva de su importancia económica y social. Este caso de estudio presenta una empresa con tendencia de crecimiento dedicada al almacenamiento de productos perecederos e incorpora técnicas de pronósticos de series de tiempo, en el volumen de ingreso y egreso de los productos en una cámara frigorífica, con el fin de estimar el volumen de almacenamiento para pre- ver los requerimientos de instalaciones adicionales, personal y materiales necesarios para la movilidad de los productos.

Palabras clave: Almacenamiento Cadena de frío Pronósticos Series de tiempo Productos perecederos.

Analysis of time-series on the forecast of the demand of storage of perishable products

A B S T R A C T

The forecasts are a tool that provide an estimated quantitative of the probability that future events occur. The relevancy of incorporating forecasts in the demand of storage in perishable products inside the cold chain, drifts of both its economic and social importance. This case of study presents a company with growth trend devoted to the storage of perishable products, and identifies that the applied forecasts nowadays do not contemplate methodological technologies. The present article incorporates technologies of forecasts of time-series in the volume of revenue and expenditure in a cold-storage room, in order to estimate the volume of storage to foresee the requirements of personnel and materials needed for the mobility of the products.

Keywords: Storage Cold chain Forecasts Time-series Perishable products.

2.1. INTRODUCCIÓN

Los alimentos perecederos requieren de un especial cuidado que asegure la prolongación de su vida útil, garantizando su disponibilidad a través del adecuado almacenamiento. Actualmente, esta necesidad se hace más notoria, por los cambios en los hábitos de los consumidores y su tendencia al aumento del consumo tanto de productos congelados como frescos. De acuerdo con la *Food and Agriculture Organization* (FAO), la demanda de los productos perecederos es constante a través del tiempo, no siendo así su producción, por lo que el almacenamiento es comúnmente utilizado para asegurar el aprovisionamiento de los mercados por el mayor tiempo posible, también puede ser usado como “una estrategia para diferir la oferta del producto hasta que el mercado se encuentre desabastecido y de esta manera obtener mejores precios” (López, 2003, p. 49).

Así, las exigencias alimenticias demandadas por la sociedad actual hacen que con mayor frecuencia se construyan más y mejores centros logísticos y almacenes donde además del propio hecho de acumular gran cantidad de productos alimenticios perecederos, permitan distribuir los productos con mayor rapidez a los diversos puntos de consumo a los que sirven. Por lo tanto, la temperatura juega un papel crucial en el manejo, procesamiento, distribución y almacenamiento de dichos productos. Un adecuado control de temperatura es imprescindible para que los productos alimenticios perecederos maximicen su vida útil y que a su vez esto permita una adecuada comercialización de ellos. Al respecto, “se calcula que alrededor de 30% de la producción alimentaria mundial pasa por algún tipo de tratamiento frigorífico, y cerca de 40% de los alimentos consumidos en los países desarrollados se someten a algún método de conservación”. (Medina, 2009, p. 1013).

Adicionalmente, Medina (2009) hace referencia a la importancia económica que tiene la cadena de frío en el plano mundial, la cual calcula tener un valor aproximado de 80.660 millones de dólares anuales, sin contar el mercado farmacéutico. De acuerdo con datos del instituto internacional del frío las pérdidas de productos alimenticios derivadas de manejo, almacenamiento y transporte inadecuados en los países en desarrollo ascienden hasta un 50% de dichos productos, mientras que en naciones avanzadas con instalaciones frigoríficas adecuadas solo alcanzan cerca del 10%.(Medina, 2009).

Los almacenes son parte fundamental en el desarrollo tanto de estrategias de la cadena de suministro como en la logística. En este sentido, Pindyck y Rubinfeld (2001) mencionan que los almacenes están involucrados en las diferentes etapas de la cadena de suministro, como en los distintos procesos internos de las empresas, por el aprovisionamiento, manipulación de materiales, y el almacenamiento o aseguramiento de los productos. De esta forma, “el diseño de las cámaras debe garantizar la calidad del producto en aras de un adecuado servicio al cliente, satisfaciendo los requerimientos térmicos y la accesibilidad al producto en las cámaras para lograr la preparación de los pedidos y una expedición ágil de los mismos” (Sarrocá y Torres, 2006, p. 31). No obstante, “en nuestro entorno, el dimensionamiento de las necesidades de almacenamiento futuro no están soportadas debidamente por datos y pronósticos precisos. Por el contrario suelen hacer simplificaciones basadas en supuestos y percepciones personales, lo cual conlleva a un sobredimensionamiento o a quedarse cortos en el espacio al corto plazo y en consecuencia mayores gastos de operación” (Muñoz, 2014, p. 3).

Por lo tanto, existe una serie de iniciativas para enfrentar la incertidumbre y un mejoramiento en el desempeño en la cadena de abastecimiento y la exactitud del pronóstico, donde la idea principal es

que los tomadores de decisiones trabajen en toda la cadena para determinar las estrategias de inventarios y reaprovisionamiento a través de la recuperación y análisis de datos históricos, conocidos como series de tiempo, estableciendo una coordinación con los pronósticos (Arango, Adame y Zapata, 2010).

Dado lo anterior, se debe tener en cuenta que “el objetivo de un pronóstico es posibilitar las decisiones sobre el futuro y proporcionar una estimación del riesgo involucrado en la decisión” (Erossa, 1991, p. 58). De esta manera, la importancia de un pronóstico deriva en que las imprecisiones no se pueden separar de la realidad, haciendo que todas las organizaciones operen en un ambiente de inseguridad. Por esto, para disminuir el riesgo en la toma de decisiones gerenciales u operacionales y poder modelar lo que pasara en el futuro y matizar esa percepción de incertidumbre, es importante hacer uso de toda la información disponible actual y del pasado, y no solo basarse en supuestos, con el fin de evitar malas decisiones; también, se debe considerar que los modelos de toma de decisiones se apegan a la realidad de la empresa y no a la del entorno, pues una creencia racional no necesariamente es una creencia verdadera (Arrendondo y Vázquez, 2013). Por consiguiente, “la consideración primordial en la elección de un método de pronóstico es que los resultados deben facilitar el proceso de la toma de decisiones de la organización” (Hanke y Wichern, 2006, p. 5).

En este sentido, los pronósticos aplicados a la demanda de almacenamiento permiten determinar de manera eficiente, tanto el tamaño del almacén como el diseño interior de una nueva instalación, o en instalaciones ya existentes, el desarrollar un plan de mejora en el diseño interior que soporte el crecimiento esperado, lo cual permita anticiparse a las necesidades de los clientes o consumidores, enfocándose en incrementar las ganancias con un alto nivel de servicio. Específicamente, “la predicción de corto plazo es utilizada para planificar la operación del sistema, mientras que la predicción de largo plazo es usada habitualmente como un insumo en las decisiones de expansión en capacidad de generación y del sistema de distribución” (Velázquez, Franco y García, 2009, p. 39).

Dada la importancia del almacenaje de dichos productos en países en desarrollo, como México, el presente artículo orienta al uso y aplicación de técnicas de pronósticos de series de tiempo, mediante el análisis de información pasada, permitiendo seleccionar la técnica de pronóstico a fin de estimar el volumen de ingresos y egresos de productos alimenticios perecederos en cámaras frigoríficas de un almacén en una empresa mexicana. Dichos pronósticos buscan valorar el volumen de movilidad de ingresos y egresos en los productos perecederos, validando la capacidad a la que trabaja dicha cámara e identificando si es necesario instalaciones adicionales para el manejo de la creciente demanda, así como la orientación a los tomadores de decisiones en los requerimientos de personal y recursos necesarios para una mejor movilidad de los productos.

El caso de estudio está estructurado de la siguiente manera, en la segunda sección se describen los aportes más relevantes de las técnicas de pronósticos, se justifica la importancia de planear con pronósticos y se revisa la metodología seleccionada en la aplicación del caso de estudio. La tercera sección describe el caso de estudio, respetando el acuerdo de confidencialidad con la empresa y se realiza la discusión de los primeros resultados del análisis de la información. Finalmente, se analizan los resultados obtenidos, se revisan futuras líneas de trabajo y se plantean preguntas de discusión.

2.2. MARCO TEÓRICO

Los autores Hanke & Wichern (2006) mencionan que para que las organizaciones, grandes, medianas o pequeñas, privadas o públicas, puedan reducir el grado de incertidumbre causado por el cambio constante del entorno, deben respaldar sus decisiones en algo más que la experiencia o la intuición, deben respaldarlo en la elaboración de pronósticos precisos y confiables que sean suficientes para satisfacer las necesidades en la planeación de la organización.

Por su parte, Torres (2011) menciona que en la práctica es posible clasificar estos planes en múltiples tipos; sin embargo, solo se hará énfasis en delimitar algunas de las áreas dentro de la empresa donde es necesaria la intervención de un pronóstico. Para Arango et al. (2010) estas aplicaciones pueden ser muy diversas como, predecir el presupuesto de ventas, o bien, estimar el tipo y número de operaciones para producir un producto, o quizá, apoyar el estudio de mercado para la incorporación de nuevos productos, almacenaje o servicios de la empresa, el cual es esencial para una eficiente cadena de suministro. La idea principal de esta filosofía es que se trabaje mancomunadamente en toda la cadena para determinar las estrategias de inventario y reaprovisionamiento que más beneficios tenga para todos los participantes que realicen esfuerzos para alinear sus pronósticos y consecuentemente, lograr la disminución de inventarios y aumentar así la rentabilidad para todos los participantes.

La utilización de sistemas de pronósticos en modelos de gestión de inventarios ha sido estudiada e implementada por varios expertos. Al respecto, Gutiérrez y Vidal (2008) mencionan que los sistemas tradicionales de control de inventarios utilizan técnicas como la suavización exponencial para pronosticar la demanda de productos de alta rotación como los productos perecederos. Por su parte, Gallego y Toktay (2003) pronostican las demandas estacionarias de productos de alta rotación mediante el uso de pronósticos dinámicos; mientras que Vidal, Londoño y Contreras (2004) utilizan las técnicas de pronósticos, en diversas operaciones de industrias locales de productos perecederos, particularmente, estos autores aplican técnicas de pronósticos sencillas como suavizamiento exponencial y promedios móviles simples para el departamento de compras de una bodega central de productos. Así, la elección del método a utilizar depende de diversos factores tales como el contar con información histórica, el tipo de producto y el uso que la empresa desea darle a los pronósticos. Ante ello, cada empresa deberá evaluar sus características y definir qué método es el más adecuado.

Complementando lo anterior, se debe tener en cuenta que “diferentes metodologías de predicción basadas en el modelado matemático, se han desarrollado en las últimas décadas. Estas pueden ser clasificadas en dos vertientes: la primera intenta proveer mecanismos que ayuden al experto a racionalizar el proceso de selección de variables relevantes y construcción de pronósticos, permitiendo depurar el conocimiento explícito que hay sobre la variable financiera o económica considerada; mientras que en la segunda vertiente se intenta limitar o eliminar la participación del juicio del experto, por lo que se intenta construir los modelos a partir del conocimiento oculto presente en la información histórica” (Velázquez, Dyner y Souza, 2006 p. 139).

Los métodos de pronósticos se pueden clasificar en tres grupos: cualitativos, de proyección histórica y causal. Respecto a los métodos cualitativos, “utilizan el juicio, la intuición, las encuestas o técnicas comparativas para generar estimados cuantitativos acerca del futuro” (Ballou, 2004 p. 291); por lo

tanto, se deben utilizar cuando los datos históricos del producto son escasos o nulos, como en el caso de productos nuevos o ante cambios en la política gubernamental. Entre los métodos cualitativos más utilizados se tiene el método de las expectativas del usuario, método de la opinión de la fuerza de ventas y método Delphi, los cuales “se usan cuando resulta difícil establecer las tendencias claves a partir de indicadores simplificados o cuando no se dispone de datos” (Medina y Ortegón, 2006, p. 217).

Por lo contrario los métodos de proyección histórica “se utilizan cuando existen datos históricos disponibles. Los modelos de series de tiempo predicen valores futuros para la variable de interés basándose exclusivamente en el patrón histórico de esa variable, suponiendo que ese patrón histórico continuara” (Masini y Vázquez 2014, p.25). Los métodos basados en datos históricos, considerados como el método de *series de tiempo*, consisten en el uso de métodos analíticos, para poder determinar las tendencias y las variaciones estacionales. De esta forma, cuando se trabaja con series de tiempo, una de las preguntas más importantes que se debe hacer el investigador sobre esta es: ¿Cuál es el proceso generador de datos (DGP, en inglés, *Data Generating Process*) del que proviene la muestra estudiada? La aproximación convencional es tratar de detectar los diferentes componentes del DGP. Típicamente, se consideran 4 componentes: la tendencia, la parte cíclica, el componente puramente aleatorio y el componente estacional (Alonso y Arcila, 2013).

Los pronósticos realizados mediante el uso de estos métodos tienen la premisa de que se mantendrá la tendencia que se ha venido dando, con lo cual se obtienen pronósticos que son bastante precisos en el corto plazo. Entre estos se tienen las técnicas de, promedio móvil simple, promedio móvil ponderado, suavización exponencial, suavización exponencial ajustada a la tendencia, método estacional multiplicativo y series de tiempo con influencias estacionales y de tendencia, entre otros. Los métodos causales por su parte, asumen que el factor que va a ser pronosticado exhibe una relación causa-efecto con una o más variables independientes. El propósito de los modelos causales es describir la forma de relación entre las variables y usarla para predecir valores futuros de la variable dependiente. Dentro de los métodos causales más utilizados se encuentran las técnicas de regresión y las técnicas econométricas.

En la investigación del presente caso de estudio, se aplican técnicas de pronósticos cuantitativos basado en el análisis de datos históricos del comportamiento de ingresos y egresos de los productos perecederos de una cámara frigorífica, divididos en 52 periodos (semanas), correspondientes a datos históricos proporcionados por una empresa de productos perecederos, los cuales presentan una tendencia lineal creciente (como se podrá observar en las Figura 3 y 4). A partir del análisis se aplican las siguientes técnicas de series de tiempo con el fin de elaborar un estado comparativo e identificar la técnica que proporciona el mejor resultado: promedio móvil simple, promedio móvil ponderado, suavización exponencial y suavización exponencial ajustada, las cuales se describen a continuación. Inicialmente, el método de promedio simple “es una técnica adecuada cuando se han estabilizado las fuerzas que generan las series a pronosticar y cuando por lo general, no cambia el entorno donde existe la serie” (Hanke y Wichern, 2006, p. 105), en este se utilizan datos recientes para reducir el efecto de las fluctuaciones aleatorias y responder al cambio en el proceso de una manera más rápida. Así, el promedio móvil está dado por la suma de los últimos N datos, como se muestra en la ecuación 1.

$$M_T = \frac{1}{N} (d_{T-N+1} + d_{T-N+2} + \dots + d_T) = \frac{1}{N} \quad (1)$$

Dónde M_T es el valor del promedio móvil; N se refiere al número de periodos que se quiere considerar en el promedio móvil; d_T es la demanda histórica en el periodo T y T es el proceso en el que se encuentra el periodo.

Por otra parte, la técnica de promedio móvil ponderado “utiliza las ponderaciones con la evaluación subjetiva del analista acerca de la importancia de los datos más recientes y los datos más antiguos al formular un pronóstico” (Masini y Vázquez, 2014, p. 41). El promedio móvil ponderado de la demanda se calcula multiplicando cada periodo por un factor de ponderación, y dividiendo el resultado entre la suma de todos los factores ponderados, como se observa en la ecuación 2.

$$\dot{x}_t = \frac{\sum_{i=1}^n C_i * X_{t-i}}{\sum_{i=1}^n C_i} \quad (2)$$

Donde $\dot{x}_t$ se refiere al promedio móvil ponderado de la demanda en unidades en el período t ; C_i es el factor de ponderación; X_{t-1} es la demanda real en unidades de los períodos anteriores a t . Posteriormente, la técnica de suavización exponencial está basada en el análisis de los errores de los pronósticos (Snyder, 2002), en donde se asigna un mayor peso al último valor en la serie de tiempo y después, progresivamente, se asignan pesos más pequeños a los valores más antiguos (ecuación 3).

$$\dot{x}_t = \dot{x}_{t-1} + (\alpha \cdot (x_{t-1} - \dot{x}_{t-1})) \quad (3)$$

Donde $\dot{x}_t$ es el promedio de ventas en unidades en el período t ; $\dot{x}_{t-1}$ se refiere al pronóstico de ventas en unidades del período $t-1$; x_{t-1} son las ventas reales en unidades en el período $t-1$; α es el coeficiente de suavización (se encuentra entre 0 y 1).

Finalmente, la técnica de suavización exponencial ajustada usa valores recientes en la serie de tiempo para estimar cualquier tendencia ascendente o descendente (Snyder, 2002), tiende a seguir un número considerable pero definido de periodos, donde la tendencia se define como el cambio promedio del siguiente valor en una serie de tiempo (ecuaciones 4 a 6).

Pronóstico del período t

$$\dot{x}_t = \hat{z}_t + T_t \quad (4)$$

Serie suavizada exponencialmente

$$\hat{z}_t = \alpha (\dot{x}_{t-1}) + [(1 - \alpha) (\hat{z}_{t-1} + T_{t-1})] \quad (5)$$

Estimado de la tendencia

$$T_t = \beta (\hat{z}_t - \hat{z}_{t-1}) + [(1 - \beta)(T_{t-1})] \quad (6)$$

Donde:

$\dot{x}_t$ = Pronóstico del período t

$\dot{x}_{t-1}$ = Pronóstico del período $t-1$

$\hat{z}_t$ = Suavización exponencial del período t

$\hat{z}_{t-1}$ = Suavización exponencial del período $t-1$

T_t =Tendencia del período t

T_{t-1} =Tendencia del período $t-1$

α = Coeficiente de suavización (entre 0,0 y 1,0)

β = Coeficiente de suavización para la tendencia (entre 0,0 y 1,0).

Dado lo anterior, calcular y determinar un margen de error en todas las técnicas de pronósticos aplicadas, adquiere una gran importancia, ya que el tamaño y la persistencia de los errores de predicción y la incertidumbre futura dependen de patrones endógenos y exógenos, así como del ingreso de datos erróneos y el seleccionar una técnica de pronóstico equivocada; por ello es preciso reconocer y disminuir los errores. De una forma general el error se define como la diferencia entre el valor del pronóstico y lo que realmente ocurrió en dicho período, como se observa en la ecuación 7, donde se denomina e_t al error del pronóstico, el cual se define como:

$$e_i = A_i - F_i \quad (7)$$

Donde A_i se refiere a la demanda real en el período i y F_i es el pronóstico realizado para el período i . En este orden de ideas, existen diversas maneras de calcular y analizar el error; dentro de las técnicas más comunes se tienen la Desviación Media Absoluta (DMA), Desviación típica de los errores y el Error Absoluto Medio Porcentual (MAPE). Para este caso de estudio, el error se calcula mediante la Desviación Media Absoluta acompañada de la Señal de Rastreo, ya que dicha técnica es comúnmente utilizada.

La DMA es una de las formas más populares para el cálculo del error debido a que es fácil de comprender y de aplicar. Esta se define como el promedio de todos los errores de la proyección en valores absolutos, es decir, independientemente de que los errores sean positivos o negativos (ecuación 8).

$$DMA = \sum_{i=1}^n \frac{|A_i - F_i|}{n} \quad (8)$$

Donde n se refiere a la cantidad de períodos considerados; A_i es la demanda real en el período i y F_i es el pronóstico realizado para el período i .

Adicional a la DMA se calcula la Señal de Rastreo (conocida también como Señal de Seguimiento o *Tracking Signal, TS*), la cual es una medida de desempeño, que permite medir la desviación del pronóstico respecto a variaciones en la demanda. Esta señal permite ajustar la DMA, es decir, el pronóstico está sobre o bajo la demanda real al considerar valores positivos o negativos. Para calcular la señal de rastreo se debe realizar el procedimiento, que se encuentra en la ecuación 9.

$$TS = \frac{\sum_{i=1}^n E_i - A_i}{DMA} \quad (9)$$

Donde E_i se refiere a la demanda real del periodo i ; A_i es la demanda prevista del periodo i y n son los periodos.

De esta forma, Fogarty, Blackstone y Hoffmann (2014) utilizan este criterio para seleccionar el mejor pronóstico; donde los errores muy grandes, interpretados como los más graves en el pronóstico, están

dados por el mayor valor absoluto, mientras que el valor más pequeño, es el que se considera como mejor criterio al momento de seleccionar el método más adecuado del pronóstico (Corres, Esteban, García y Zarate, 2009).

En el presente caso de estudio, para las técnicas de pronósticos los datos que se consideraron son: para promedio móvil $n=3$; en el promedio móvil ponderado, su factor de ponderación fue $C_i = 20\%$ para el periodo más lejano, 30% para el periodo intermedio y 50% para el periodo más reciente, lo cual es coherente con lo mencionado por Sipper y Bulfin (1998), quienes señalan que los periodos más recientes suavizan las fluctuaciones. Por otra parte, para la técnica de suavización exponencial α fue $0,1$, $0,2$ y $0,3$; y para la suavización exponencial ajustada, se consideraron constantes de suavización tanto de α y como de β de $0,1$, $0,2$, $0,3$, considerando la selección de estas constantes como criterios de precisión, respuesta de impulso y capacidad de amortiguación de ruido (Fogarty et al., 2014).

2.3. CASO DE ESTUDIO

En la presente sección se estudia una empresa dedicada al almacenaje a temperaturas controladas, servicios de refrigeración, congelación, maquila en frio, servicio de distribución especializada y almacenaje en seco, enfocada principalmente al almacenamiento de productos alimenticios perecederos en nueve cámaras frigoríficas. En las temperaturas controladas se proporciona la requerida por el cliente, congelación rápida a temperaturas de hasta -40°C , conservación del producto a temperaturas de -18°C a -25°C . A través de la maquila en frio se genera valor agregado mediante el servicio solicitado por el cliente, control y seguimiento del inventario de los clientes, punto de verificación y centro de certificación sanitaria. Los productos almacenados en las cámaras frigoríficas, están clasificados principalmente en familias de lácteos, carnes y jugos.

En el proceso de control de los inventarios en el almacenamiento de las cámaras frigoríficas la empresa no utiliza metodologías cuantitativas de apoyo para estimar el volumen de ingresos y egresos de productos en las cámaras frigoríficas. La estimación está basada en la experiencia de los encargados, la cual presenta en algunos casos desorganización en el movimiento y acomodo de los productos perecederos colocando tarimas de producto en los pasillos provocando tiempos prolongados en el acceso y ubicación de los mismos, así como incremento de los tiempos laborales cayendo en jornadas de 12, 14 y hasta 16 horas.

El caso de estudio resalta la importancia del análisis de datos de series de tiempo para la toma de decisiones en el almacenamiento de productos perecederos. Ante lo cual, Muñoz (2014, p. 3). menciona que “el dimensionamiento de las necesidades del almacenamiento futuro, no están soportadas debidamente por datos y pronósticos precisos, por el contrario, se suelen hacer simplificaciones basadas en supuestos, y percepciones personales, lo cual conlleva a un sobre dimensionamiento o a quedarse cortos en el espacio al corto plazo y en consecuencia mayores gastos de operación”.

En el presente caso será factor de estudio el desarrollo de las operaciones de los administradores del almacén y el desconocimiento de herramientas adecuadas para el análisis de datos que permita una adecuada planeación de los requerimientos futuros en el almacenamiento en los productos

perecederos, lo cual ha impedido la generación de una visión de crecimiento en el corto, mediano y largo plazo.

La empresa cuenta con nueve cámaras frigoríficas, la *Tabla 13* describe la capacidad máxima de almacenamiento por cámara, así como el número de órdenes y el volumen de ingreso y egreso generado en un periodo de 12 meses.

Tabla 13. Volumen de ingresos y egresos de productos referente a las órdenes de movimiento generadas.

Número de cámara frigorífica	Capacidad máxima [Kg]	Número de órdenes de ingreso	Número de órdenes de egreso	Volumen de ingresos [Kg]	Volumen de egresos [Kg]
Cámara frigorífica No. 0	833.000	44	167	136.381	141.931
Cámara frigorífica No. 1	2.880.000	2	9	10.015	7.581
Cámara frigorífica No. 2	1.850.000	709	6.103	5.530.819	6.107.746
Cámara frigorífica No. 3	1.086.000	181	1.470	1.250.434	1.187.331
Cámara frigorífica No. 4	1.727.000	45	993	468.435	740.029
Cámara frigorífica No. 5	548.000	2	16	6.939	11.493
Cámara frigorífica No. 6	0	0	0	0	0
Cámara frigorífica No. 7	4.915.000	3	66	31.351	48.799
Cámara frigorífica No. 8	3.288.000	2	11	20.842	12.862
Capacidad total de las cámaras	17.127.000	988	8.835	7.455.215	8.257.772

Fuente: elaboración propia con base en información de la empresa.

Por otra parte, la *Figura 9* comprende el volumen de ingreso y egreso en cada cámara, en donde se destaca el alto número de movimientos que se presentan en la cámara frigorífica No.2. Esta cámara represento en el periodo de estudio el 64,31% de ingreso y el 73,96% de egreso del total del volumen de movimiento.

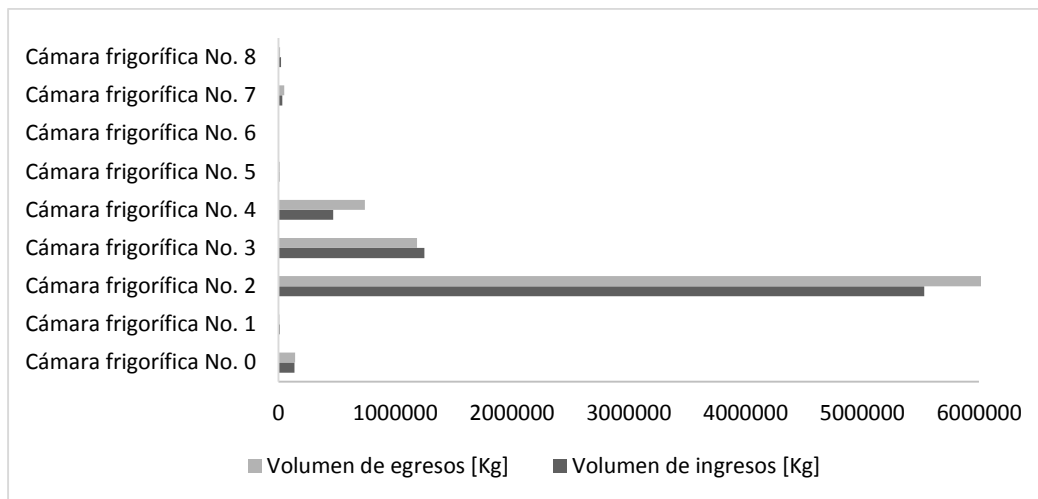


Figura 9. Volumen de ingreso y egreso de producto en cada cámara.

Fuente: elaboración propia con base en información de series de tiempo obtenida de la empresa.

Por el alto volumen de rotación de productos en ingreso y egreso que presenta la cámara frigorífica No. 2, se elige para mostrar los beneficios obtenidos en la aplicación de las técnicas de pronósticos. Debido a la alta diversidad de productos que se manejan en la empresa, se aplica una clasificación ABC por sus siglas en inglés Activity based costing con el fin de identificar los productos que tienen un impacto importante en el volumen global del inventario.

La *Figura 10* muestra la participación de cada producto en el inventario de la cámara frigorífica No. 2. Dado lo anterior, se identifica una variedad de 360 productos de los cuales, los productos denominados como *AP-1* y *NE-2* representan el 18,4 y 8,0%, respectivamente. Por otro lado, 7 productos representan el 23,2 % y el resto que equivale a 351 productos que representan el 50,4%. Debido a la alta participación de los productos *AP-1* y *NE-2* en el inventario, representando el 26,4% del total, se han seleccionado estos productos para presentar de manera cuantitativa en esta investigación la aplicación de las técnicas de pronósticos.

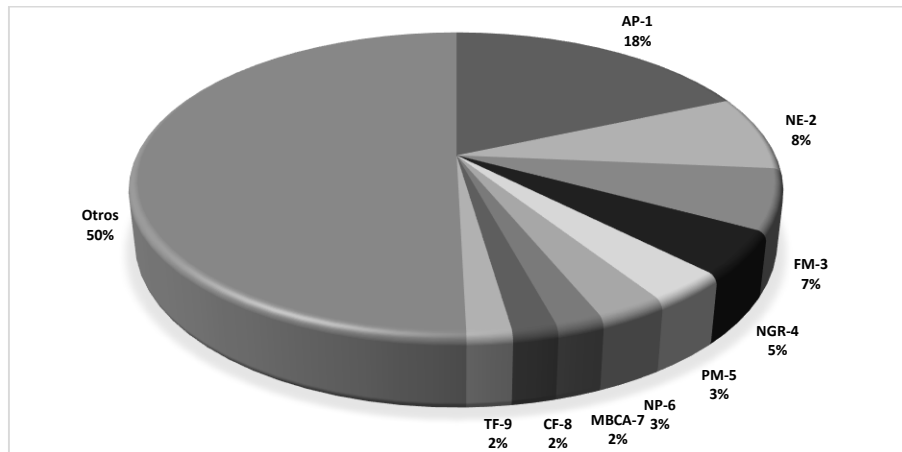


Figura 10. Representación ABC de inventario de la cámara frigorífica No. 2.
Fuente: elaboración propia con base en información de la empresa.

La *Figura 11* y *12* muestran el comportamiento histórico de los productos *AP-1* y *NE-2*, respectivamente. El inventario del producto *AP-1* está representado por el 15% del total de los productos equivalente a 222.000 kg. En las figuras 11 y 12 se representa el volumen en kg. de producto que ingresa y egresa en la cámara No. 2. Particularmente, en la *Figura 11*, se observa que hasta la semana 20 el producto *AP-1* presenta un nivel de inventario relativamente constante; sin embargo, a partir de dicha semana, se observa una alta variación entre los ingresos y los egresos, la cual está representada por un mayor ingreso sobre los egresos, cuantificado en 102.633 kg. y donde particularmente en la semana 34 presenta la menor cantidad de dicho producto en inventario, siendo este aproximadamente de 122.077 kg. También se observa que en la semana 37 presenta la mayor cantidad de inventario con un total de 286.017 kg., mientras que el mayor movimiento de producto se encuentra entre la semana 21 y la semana 45, teniendo una media de movimiento diario de 33.111,7 kg de producto.

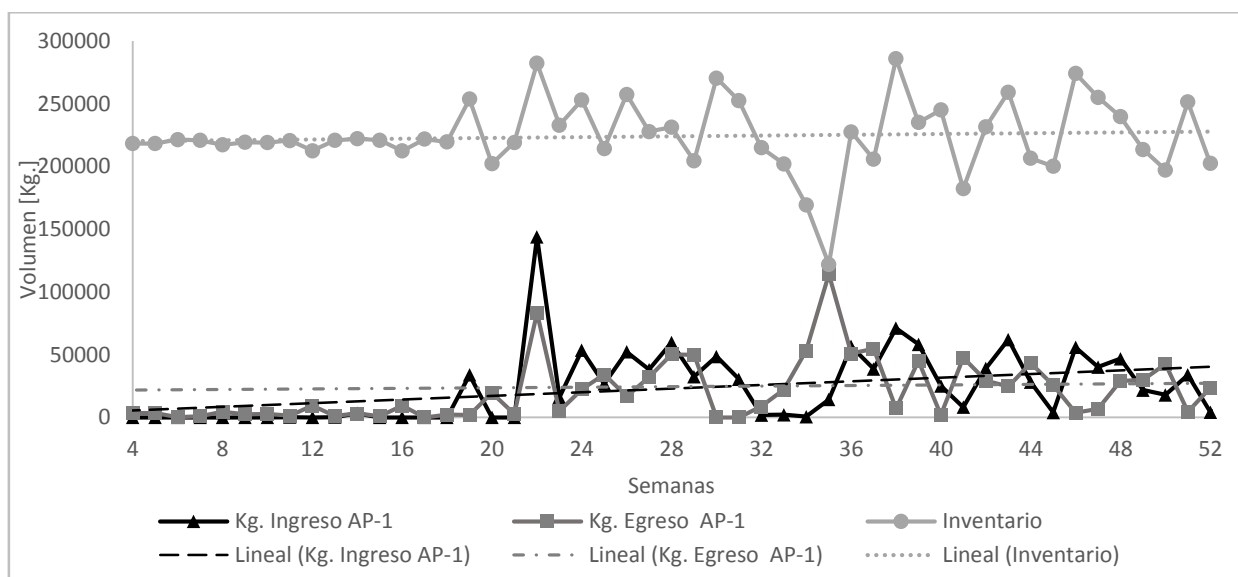


Figura 11. Ingresos y egresos del producto AP-1 de la cámara No. 2.

Fuente: elaboración propia con base en información de la empresa.

El comportamiento del producto *NE-2* se ha representado en la *Figura 12*, donde se observa una situación totalmente diferente a la del producto *AP-1*. Se muestra que desde el inicio del periodo hasta la semana 51 el inventario del producto oscila entre 450.000 y 500.000 kg., donde el inventario inicial es de 444.000 kg, representando el 30% del inventario total de los productos en la cámara frigorífica. La cantidad de este producto en el almacén durante el periodo de análisis es constante, excepto en las semanas 24 - 33 donde se presenta la mayor movilidad del producto, con un ingreso superior de 306 kg., con respecto al egreso. Cabe notar que la semana 28 presenta uno de los inventarios más bajos del periodo, con una cantidad de 395.394 kg. Además, uno de los niveles de inventario más alto se ubicó en la semana 24 con la cantidad de 531.771 kg. Particularmente, en la semana 52, la última del periodo, se presenta una drástica caída del inventario del producto, quedando un 4% del inventario del producto *NE-2*. Finalmente, el promedio del inventario para ese periodo fue de 432.335 kg. Con la identificación de las líneas de tendencia creciente en los ingresos y egresos de los productos perecederos *AP-1* y *NE-2*, se corrobora la necesidad de aplicar técnicas de pronósticos, de series de tiempo ya descritas en la sección 2.

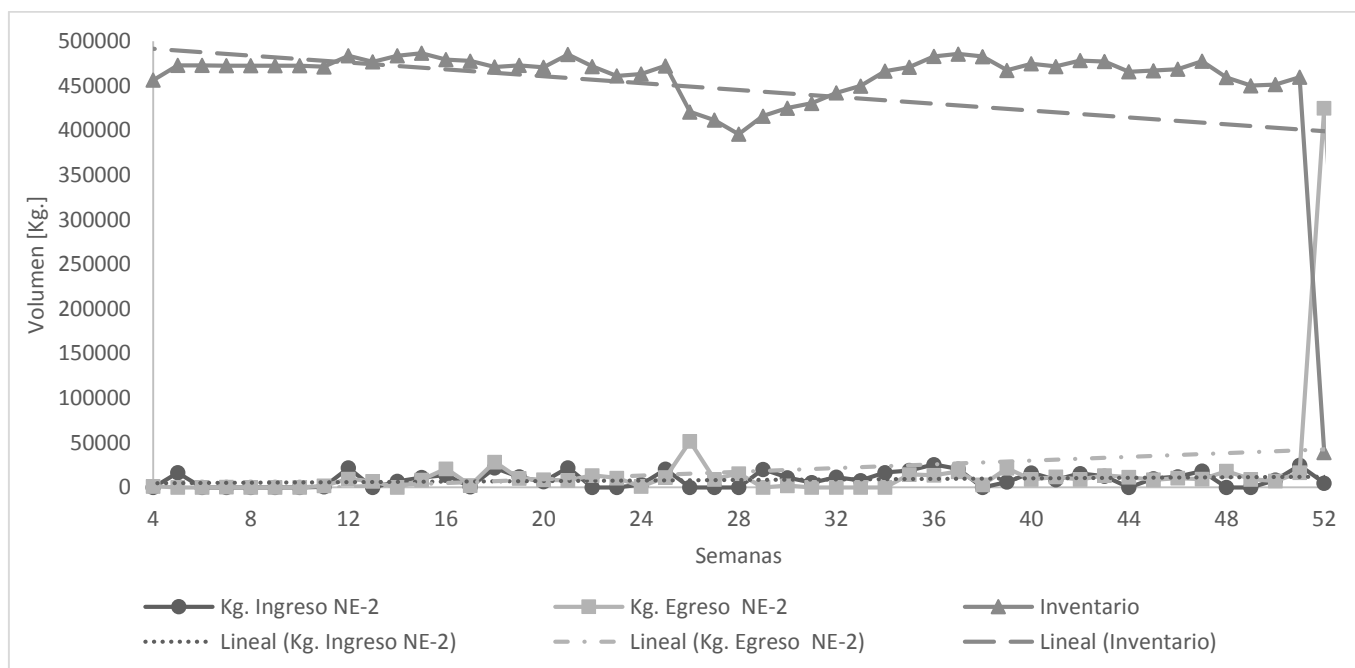


Figura 12. Ingresos y egresos del producto NE-2 de la cámara No. 2.

Fuente: elaboración propia con base en información de la empresa.

Con los volúmenes de movimiento de los productos *AP-1* y *NE-2* representados en las figuras 11 y 12, se visualiza que el volumen de movimiento es diferente para cada producto. En el caso del producto *AP-1* presenta un incremento de volumen de movimiento, a partir de la semana 18 hasta la semana 52, por lo tanto es importante conocer el pronóstico a fin de identificar si esta variabilidad permanecerá para los próximos periodos y mejorar, la planeación en la movilidad del producto.

En el caso del producto *NE-2* se visualiza un volumen de movimiento estable en las primeras semanas y una variabilidad de movimiento considerable, aproximadamente a la mitad del periodo, visualizando el mayor volumen de movimiento en la última semana. Debido al comportamiento observado, se reconoce la necesidad de implementar los pronósticos, a fin de conocer si estos incrementos aleatorios en el volumen de movimiento de ingresos y egresos de los productos *AP-1* y *NE-2*, permanecerán y reconocer la influencia que tendrán en el requerimiento de recursos para su movimiento en los próximos 4 periodos a través de la aplicación de las técnicas de pronósticos y de esta forma dar soporte al personal encargado en la toma de decisiones e identificar los requerimientos, como la cantidad de materiales, herramienta y personal necesarios para la movilidad del volumen de los productos. Por lo tanto, este trabajo contribuye a pronosticar los volúmenes de movimiento en kilogramos, para los ingresos y egresos de los productos *AP-1* y *NE-2* para los siguientes cuatro periodos, representados por las semanas 53, 54, 55 y 56.

2.4. DISCUSIÓN

Las Tablas 14 y 15 muestran los resultados obtenidos de las cuatro técnicas de pronósticos aplicadas, representadas en la sección 2, para los volúmenes de movimiento de los productos *AP-1* y *NE-2* de la cámara frigorífica No. 2. Inicialmente, la Tabla 2 ilustra el pronóstico de volumen de ingreso del producto *AP-1* para las semanas 53 a la 56. De esta forma, para la semana 53 se predicen 11.474 kg.

a través de la técnica de promedios móviles ponderados, observando que este es el volumen más pequeño pronosticado; a través de la técnica de suavización exponencial ajustada, se presenta un volumen con el valor más alto representado por 81.572 kg. y con la técnica de promedios móviles ponderados se presenta el error más pequeño comparativamente con las otras tres técnicas aplicadas, siendo de 0,97 y la desviación media absoluta relacionada a este valor es de 17.127 kg, lo cual se implica una tendencia sobrestimada del pronóstico.

Dicho de otra manera, el pronóstico será de forma positiva o creciente con base a los datos históricos. Adicionalmente, se identifica que para las semanas 53, 54 y 55, el error más bajo lo representa la técnica de promedios móviles ponderados. De esta manera se identifica que los datos obtenidos del pronóstico del volumen de ingresos del producto *AP-1* con la técnica de promedios móviles ponderados son los más aceptables a considerar dentro de la planeación de movilidad.

Tabla 14. Pronósticos de ingreso para el producto *AP-1* de la cámara No.2.

Técnica	Semana 53		Error		Sema na 54 Ingres os		Error		Sema na 55 Ingres os		Error		Sema na 56 Ingres os		Error	
	Ingresos															
	[Kg]	DMA	ST	[Kg]	DMA	ST	[Kg]	DMA	ST	[Kg]	DMA	ST	[Kg]	DMA	ST	[Kg]
Promedios móviles	15.694	9	1,33	9.579	5	1,36	1	4	1,39	1	6	1,42	12.20	16.21		
Promedios móviles ponderados	11.474	7	0,97	9.364	4	0,99	9.960	5	1,01	4	9	1,03	10.01	16.13		
Suavización exponencial	18.721	7	4,04	1	0	4,12	1	4	4,20	1	9	4,28	18.72	14.57		
Suavización exponencial ajustada	81.572	2	2	0	3	1	8	7	4	6	4	19,63	87.50	19.03		

Fuente: elaboración propia con base en la aplicación de las técnicas de pronósticos.

Por su parte, la Tabla 15 muestra los pronósticos de egresos del producto *AP-1*. A diferencia de los ingresos, donde la técnica con el error más bajo identificado es la técnica de promedios móviles ponderados, en los egresos el error más pequeño se presenta en la técnica de suavización exponencial ajustada, con un valor de 0,13. Dicha técnica prevé que los kilogramos de egreso del producto *AP-1* para los periodos antes mencionados son de 50.183, 51.323, 52.462, y 53.601, respectivamente.

Dado lo anterior, se identifica que de los pronósticos obtenidos de la semana 53 a la 56, representan un incremento de egreso del 3,4% promedio. Así mismo, se identifica que a medida que se incrementan los periodos a pronosticar el error también crece, lo que indica que el pronóstico puede ser menos acertado al incrementar los periodos pronosticados.

Tabla 15. Pronósticos de egreso para el producto *AP-1* de la cámara No.2.

Técnica	Semana 53		Error		Semana 54		Error		Semana 55		Error		Semana 56		Error	
	Egresos				Egresos		DM		Egresos		DM		Egresos		DM	
	[Kg]	DMA	ST	[Kg]	[Kg]	A	ST	[Kg]	[Kg]	A	ST	[Kg]	[Kg]	A	ST	[Kg]

		16.52			16.1			15.8	0,4		15.5	
Promedios móviles	12.607	3	0,39	15.322	93	0,40	12.543	75	1	13.490	70	0,41
Promedios móviles ponderados	13.480	6	0,41	13.916	85	0,42	13.068	68	3	13.419	63	0,43
Suavización exponencial	18.732	2	3,69	18.732	45	3,76	18.732	78	3	18.732	21	3,91
Suavización exponencial ajustada	50.183	6	2	51.323	78	5	52.462	91	38	53.601	15	2

Fuente: elaboración propia con base en la aplicación de las técnicas de pronósticos.

Las Tablas 16 y 17 presentan el volumen de ingreso y egreso del producto *NE-2*, la Tabla 16 muestra que el error más ajustado para el volumen de ingreso corresponde al de la técnica de promedios móviles ponderados, considerando para la semana 53 un valor de 0,79 con respecto al 1,44 de la técnica de promedios móviles. La misma técnica de promedios móviles ponderados determina el error más pequeño para las semanas 54, 55 y 56, recomendando esta técnica en los pronósticos de ingreso del producto *NE-2*. Adicionalmente, se observa que a medida que se pronostica un periodo el error aumenta, lo que no sucede así con el volumen de kilogramos de ingresos pronosticados.

La técnica recomendada para los ingresos del producto *NE-2*, indica que a partir del pronóstico de la semana 53 a la 56 hay una reducción en los kilogramos de ingreso del 25% promedio.

Tabla 16. Pronósticos de ingreso para el producto *NE-2* de la cámara No.2.

Técnica	Semana 53			Semana 54			Semana 55			Semana 56		
	Error			Error			Error			Error		
	Ingresos [Kg]	DM A	ST	Ingresos [Kg]	DM A	ST	Ingresos [Kg]	DM A	ST	Ingresos [Kg]	DMA	ST
Promedios móviles	9.882	7.74	1	4.897	7.58	6	4.926	7.43	7	6.568	7.294	1,53
Promedios móviles ponderados	5.742	7.96	0	3.672	7.80	1	3.750	7.64	8	4.056	7.501	0,84
Suavización exponencial	6.992	7.06	3,30	6.992	6.93	1	6.992	6.80	0	6.992	6.674	3,49
Suavización exponencial ajustada	15.822	7.29	9	15.987	70.2	3	16.152	6.89	3	16.317	6.768	12,7

Fuente: elaboración propia con base en la aplicación de las técnicas de pronósticos.

El volumen de egreso del producto *NE-2* representado en la Tabla 17, muestra que la técnica de pronóstico con el error más pequeño está representada en promedios móviles ponderados, identificando que los volúmenes de egreso pronosticados son superiores a los ingresos en los cuatro periodos pronosticados, con un promedio de diferencia por los cuatro periodos de 567.660 kg. Adicionalmente, se identifica que con los pronósticos en los volúmenes de ingreso y egreso se puede determinar un inventario inicial del producto *NE-2*.

Tabla 17. Pronósticos de egresos para el producto NG-2 de la cámara No.2.

	Semana 53			Semana 54			Semana 55			Semana 56		
	Error			Error			Error			Error		
Técnica	Egresos [Kσ]	DM A	ST	Egresos [Kσ]	DM A	ST	Egresos [Kσ]	DM A	ST	Egresos [Kσ]	DM A	ST
Promedios móviles	153.909	17.31 3	17, 70	199.703	16.96 7	18, 06	124.521	16.63 4	18, 42	159.378	16.31 4	18,78
Promedios móviles ponderados	154.480	18.76 8	12, 43	154.765	18.39 3	12, 68	132.201	18.03 2	12, 94	143.435	17.68 5	13,19
Suavización exponencial	101.245	16.19 6	20, 84	101.245	15.88 5	21, 25	101.245	15.58 5	21, 65	101.245	15.29 6	22,06
Suavización exponencial ajustada	15.347	13.71 0	26, 12	15.458	13.45 1	26, 63	15.568	13.20 2	27, 14	15.679	12.96 2	27,64

Fuente: elaboración propia con base en la aplicación de las técnicas de pronósticos.

Por otra parte, las Figuras 13 y 14 ilustran una comparación entre los pronósticos del volumen de ingreso y egreso de los productos *AP-1* y *NE-2*, de las semanas 53 a la 56 versus el volumen de las semanas 1 a la 4. Inicialmente, en la Figura 13 se muestran de forma gráfica los pronósticos de las semanas 53 a la 56 del producto *AP-1*. El pronóstico de este producto estima un ingreso promedio de 10.000 kg. Por su parte, el pronóstico de egresos estima alrededor de 52.000 kg. por periodo, lo que significa un aumento promedio de 42.000 kg comparado con el mismo periodo del año anterior. Es de notar que el comportamiento de los egresos de este producto en su periodo análogo, es decir, la semana 1-4, tiene una notoria caída en la semana 3 y 4, manteniéndose el nivel del inventario en 3.500 kg. Aproximadamente, presentando el mayor ingreso en la semana 4 con 16.532,2 kg., este comportamiento es diferente al pronosticado para las semanas 55 y 56.

Por su parte, la *Figura 14* muestra los pronósticos del producto *NE-2*. Como se puede apreciar, los ingresos pronosticados, para las semana 53-56, son muy similares a los de las semanas 1-4 con una variación de ingreso promedio de 500 kg., entre cada semana. Sin embargo, los egresos pronosticados tienen un comportamiento muy diferente a los obtenidos en los primeros cuatro periodos, siendo pronosticado un volumen de egresos entre 154.000 y 143.000 kg., donde el mayor egreso será demandado en la semana 2 con un volumen de 154.765 kg y el menor volumen demandado se visualiza en la semana 3, con 132.201 kg.

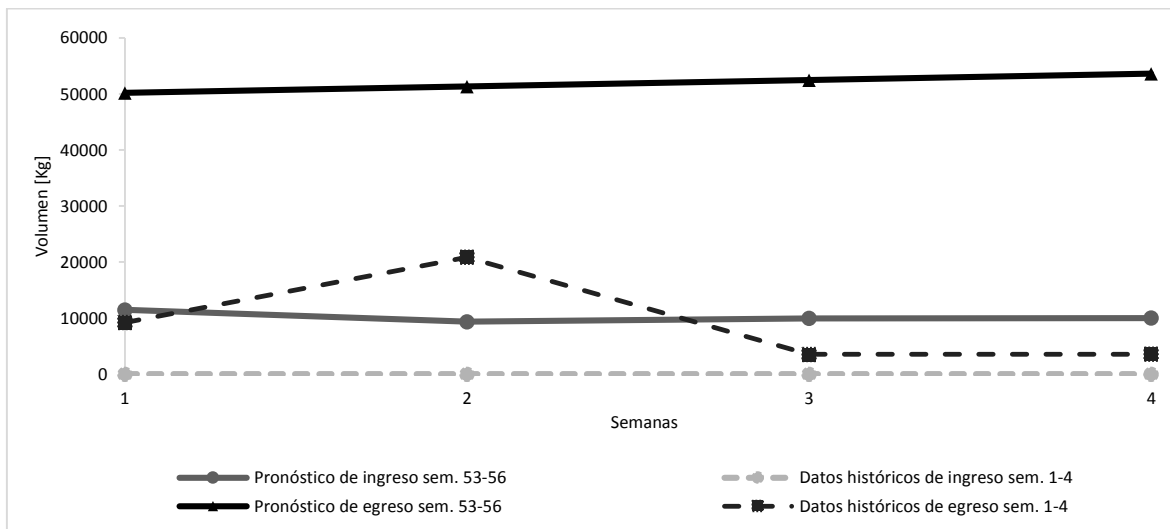


Figura 13. Producto AP-1.
Fuente: elaboración propia.

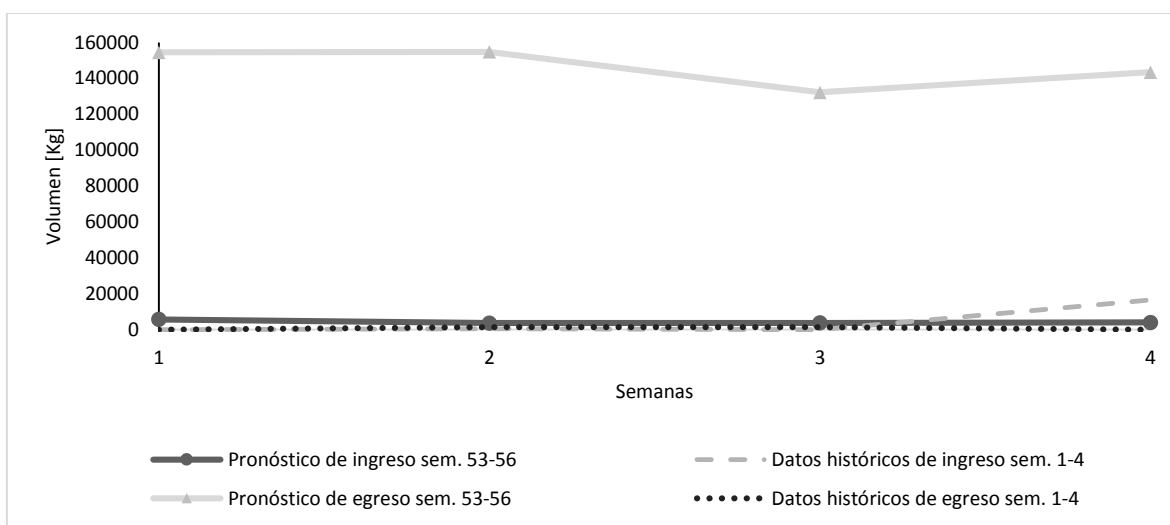


Figura 14. Producto NE-2.
Fuente: elaboración propia.

De los resultados obtenidos se estima, para el periodo de análisis, un volumen promedio de ingreso del producto *AP-1* de 10 ton., y un egreso promedio de este mismo producto de 52 ton., lo que significa que los egresos superan a los ingresos en un 80,2%. En el caso del producto *NE-2* se pronostica un ingreso promedio de 4,3 ton. y un egreso promedio de 146,2 ton., lo que representa una salida del producto de 97,3% con respecto a los ingresos. Resumiendo, en ambos productos se pronostican egresos superiores a los ingresos. Además, se identificó un incremento de egreso del producto *AP-1* de 43 ton., con respecto a los datos históricos en el mismo periodo. Por su parte, en el producto *NE-2* se presenta un incremento promedio de 145,6 ton.

El análisis de resultados obtenidos permite planear acciones y estrategias que satisfagan la demanda de egreso de los productos analizados, así como las herramientas y personal requerido para su almacenamiento y movilidad de los productos.

De forma particular, se destaca que para los cuatro periodos de estudio, los volúmenes de egreso de los productos seleccionados son superiores a los volúmenes de ingreso, con un promedio de 183.600 kg. producto. Este desabastecimiento representa el 99,5% de los productos. De los resultados obtenidos, se puede destacar el comportamiento de uno de los productos *AP-1*, el cual contrasta con los datos históricos analizados ya que el movimiento en el egreso hasta las primeras 18 semanas es casi nulo y, posteriormente, a partir de la semana 19, muestra una tendencia creciente de egresos. Respecto al producto *NE-2*, se estima un crecimiento promedio en el egreso de 146.200 kg., respecto a los ingresos, para los cuatro periodos de análisis.

Esta situación, aunada al comportamiento al final del periodo de estudio, donde el inventario fue casi nulo, prevén un desabastecimiento de producto *NE-2* en la cámara. Por lo que, el desabastecimiento de ambos productos representa una disminución en el volumen en inventario total de casi un 10% de producto en la cámara. Dicho de otro modo, se predice que la capacidad total de la cámara será ocupada en un 63% del volumen total.

Este pronóstico permite conocer un estimado y tomar decisiones en cuanto a los recursos requeridos tanto en personal, vehículos, materiales, herramientas, etc., así como la elaboración del plan de almacenamiento y movilidad anual, mensual, semanal.

Como parte de las bondades en los resultados obtenidos de la aplicación de las técnicas de pronósticos es que permiten conocer la capacidad a la que se trabaja permitiendo diseñar nuevas estrategias para ingresar nuevos productos, a fin de utilizar al máximo la capacidad de la cámara frigorífica.

Con la elaboración de esta investigación se demuestra la utilidad que tienen los pronósticos, para la toma de decisiones en diversas áreas y la planeación de actividades en empresas de almacenamiento y movilidad de productos perecederos. Como consecuencia, se minimiza la incertidumbre en las operaciones y se permite una planeación más detallada de los procesos. Por lo tanto, la planeación y administración de los inventarios, o movimientos de volúmenes de producto en el almacén de productos perecederos, pueden realizarse de una forma más eficiente y confiable.

Como trabajo futuro, se pretende utilizar los pronósticos como herramienta de análisis de diversas estrategias donde la gestión de los recursos juega un papel fundamental. Estas estrategias deberán tomar en cuenta diversas características de los productos como dimensiones, pesos, rotación del producto, fechas de caducidad, así como las características de sus propiedades perecederas.

Adicionalmente, las estrategias tomaran en cuenta estas características para proponer un nuevo *Lay-Out* de las cámaras, donde se permita la zonificación para la recepción, acomodo y salida de los productos perecederos de las diferentes cámaras frigoríficas. Considerando la asignación de personal y montacargas requeridos para la movilidad del producto, asignación de cámara frigorífica, acomodo

e identificación de los productos en los *racks*, que busque minimizar el tiempo de acomodo de los productos o maximice el costo de almacenamiento.

2.5. PREGUNTAS DE DISCUSIÓN

- ¿Dentro de la aplicación de las técnicas de pronósticos de series de tiempo en el volumen de almacenamiento y movilidad de productos perecederos cual es el alcance en la toma de decisiones?
- ¿Con respecto al marco global de consumo y movilidad de productos perecederos porque sería económicamente importante integrar pronósticos en la gestión de sus inventarios?
- ¿Con los datos obtenidos de las técnicas de pronósticos de series de tiempo que otra metodología se propondría para minimizar el riesgo, en la toma de decisiones en las planeaciones futuras?
- ¿De acuerdo a la información proporcionada por la empresa y en base a los resultados obtenidos qué otras variables se deben de incorporar al caso de estudio, para elaborar pronósticos y simular escenarios futuros?

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

2.6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alonso, J. y Arcila, A. (2013). Empleo del comportamiento estacional para mejorar el pronóstico de un commodity: el caso del mercado internacional de azúcar. *Estudios Gerenciales*, 29(129), 406-4015.

Arango, M., Adame, W. y Zapata, C. (2010). Gestión cadena de abastecimiento - logística con indicadores bajo incertidumbre, caso aplicado sector panificador Palmira. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 20(1), 97-115.

Arrendondo, F. y Vázquez, J. (2013). Un modelo de análisis racional para la toma de decisiones gerenciales, desde la perspectiva elsteriana. *SCIELO*, 26 (46), 135-158. Ballou, R. H. (2004). *Logística. Administración de la cadena de suministro* (5th ed.). México D.F: Pearson Educación.

Corres, A. Esteban, A. García, J. y Zarate, C. (2009). Análisis de series temporales. *Ingeniería Industrial*, 8(1).pp.21-33.

Erossa, V. (2004). *Proyectos de inversión en ingeniería: su metodología*. México D.F: Limusa.

Fogarty, D., Blackstone, J. y Hoffmann, T. (2014). *Administración de la producción e inventarios* (2nd ed.). México D.F: Patria.

Gallego, G. y Toktay, L. (2003). All – or- Nothing ordering. Under a Capacity Constrain and forecast of Stationary Demand. Recuperado el 13 de octubre de 2015, de: <https://pdfs.semanticscholar.org/81ef/e6d84d9fc4414d3685bf018fc4ff35d46ed4.pdf>.

Gutiérrez, V. y Vidal, C. (2008). Modelos de gestión de inventarios en cadenas de abastecimiento: Revisión de la Literatura. *Scientific Electronic Library Online*, 43, 134-149.

Hanke, J. E. y Wichern, D. W. (2006). *Pronósticos en los negocios* (8th ed.). México D.F: Pearson educación.

López, C. (2003). Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas: del campo al mercado. *Boletín de servicios agrícolas de la FAO*, 151, 49-50.

Masini, J. y Vázquez, F. (2014). *Compendio de Modelos Cuantitativos de Pronósticos*. Recuperado 20 Diciembre de 2015, de <https://books.google.com.mx/books?id=fnLcBQAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q=los%20metodos%20&f=false>

Medina, J. y Ortigón, E. (2006). *Manual de prospectiva y decisión estratégica*. Santiago de Chile: Naciones Unidas, CEPAL, ILPES.

Medina, S. (2009). Las cadenas de frío y el transporte refrigerado en México. *Comercio exterior*, 59 (12), 1010-1017.

Muñoz, A. (2014). *Metodología para el dimensionamiento de almacenes basado en la estimación de la demanda para el sector cosmético*. Universidad Militar Nueva Granada. Recuperado del 14 de Enero de 2016, de: <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/12624/1/ART%C3%8DCULO%20FINAL.pdf>.

Pindyck, S. y Rubinfeld, L. (2001). *Econometría, modelos y pronósticos: Pronósticos con un modelo de regresión de una sola ecuación* (4th ed.). México, D.F: McGraw Hill.

Sarroca, R. y Torres, M. (2006). *Manipulación y almacenamiento de alimentos*. La Habana: Logistica.

Sipper, D. y Bulfin, R. (1998). *Planeación y control de la producción* (1ra ed.). México D.F.: McGraw-Hill.

Snyder, R. (2002). Forecasting sales of slow and fast moving inventories. *European Journal of Operational Research*, 140(3), 684-699.

Torres, M. (2011). *Pronósticos, una herramienta clave para la planeación de las empresas*. Instituto Tecnológico de Sonora. Recuperado el 12 de enero de 2016, de: <http://itson.mx/publicaciones/pacioli/Documents/no71/47a. pronosticos, una herramienta clave p ara la planeacion de las empresas.pdf>.

Velázquez, J. D., Dyner, R. I. y Souza, R. C. (2006). Políticas para la integración del juicio experto y los pronósticos estadísticos en el marco organizacional. *Estudios Gerenciales*, 99(22), 131-150.

Velázquez, J., Franco, C. y García, H. (2009). Un modelo no lineal para la predicción de la demanda mensual de electricidad en Colombia. *Estudios Gerenciales*, 25(112), 37-54.

Vidal, C. J., Londoño, J. C. y Contreras, F. (2004). Aplicación de los modelos de inventario en una cadena de abastecimiento de productos de consumo masivo con una bodega y N Puntos de venta. *Ingeniería y competitividad*, 6(1), 35-52.

CAPITULO III

GESTIÓN DE POLÍTICAS DE INVENTARIO EN EL ALMACENAMIENTO DE MATERIALES DE ACERO PARA LA CONSTRUCCIÓN

Inventory policy management in the storage of steel materials for construction

RESUMEN

El control de inventarios es de vital importancia, por el monto de la inversión que representa y por el grado de dificultad que implica una administración financiera efectiva, para no incurrir en altos costos de almacenamiento. Este artículo presenta el uso del modelo de lote económico de pedido (Economic Order Quantity –EOQ) y el modelo de revisión continua con demanda incierta y con desviación estándar (q , R) para establecer políticas de inventarios en la demanda de materiales de acero para la construcción, comercializados en una empresa de aceros tomando en cuenta la variabilidad de la demanda y los tiempos de suministro de la aplicación de los modelos, quedan establecidas las cantidades optimas a ordenar de los materiales con respecto al tiempo de duración del ciclo de pedido, generando un ahorro del 30 % en los costos logísticos totales e incrementando el nivel de servicio de un 69% a un 90.4%. El empleo de los modelos propuestos brinda el soporte a las decisiones que han de tomarse en los niveles de inventario de los materiales, minimizando los costos logísticos totales y mejorando la calidad de servicio al cliente.

Palabras clave: Acero, Política de inventario, Determinístico, Probabilístico, Modelo de lote económico de pedido.

ABSTRACT

The control of inventories is of vital importance, for investment it represents and for the degree of difficulty involved in effective financial management, so as not to incur high storage costs. This article presents the use of the economic order lot model (Economic Order Quantity –EOQ) and the continuous review model with uncertain demand and with standard deviation (q , R) to establish inventory policies in the demand for steel materials for construction marketed in a steel company taking into account the variability of demand and supply times. From the application of the models, the optimal quantities to order of the materials are established with respect to the duration of the order cycle, generating a 30% savings in total logistics costs and increasing the level of service from 69% to 90.4%. The use of the proposed models provides support to the decisions that have to be taken in the inventory levels of the materials minimizing the total logistics costs and improving the quality of customer service.

Keywords: Steel, Politics of inventory, Deterministic, Probabilistic, Model of economic lot of order.

3.1. INTRODUCCIÓN

El acero es un insumo clave en los sectores manufactureros, de construcción y transporte, debido a que es un material versátil. De acuerdo al estudio realizado por el Centro de Estudios Económicos del Sector de La Construcción, actualmente los productos derivados del acero utilizados en la construcción son los que están incidiendo en mayor medida en el crecimiento de los costos de la edificación residencial (CEESCO, 2016).

En el periodo 2015-2016 la producción mundial de acero crudo aumentó a una tasa promedio de 0.8%. Entre los países con las mayor tasa de crecimiento destacan Irán con el 11.2%, India con el 7.4% e Italia con el 6.4%. Mientras que Japón y Estados Unidos decrecen a razón de 0.3% y 0.4% como promedio anual (CAAAREM, 2016).

México se localiza en la novena posición con un acumulado de 10.048 miles de toneladas de acero crudo, producido durante el primer semestre de 2017. (Revista Acero Latinoamericano, 2017). El principal uso del acero en Latinoamérica se centra especialmente en el sector de la construcción con un 51% del total (Alacero, 2016).

La Cámara Minera de México en 2016 menciona que las principales tres empresas productoras de acero a nivel nacional son: AHMSA, Ternium México y AcelorMittal, en conjunto estas tres empresas concentran el 62% de la producción nacional de acero, con una participación estable en la producción de acero de 24%, 20% y 18% respectivamente (Camimex, 2016).

En 2017 el 61.5% de la producción de acero en México se usó en la construcción de viviendas e infraestructura, el 18.8% en la fabricación de productos metálicos, mientras que para el sector automotriz se destinó el 10.6%, la maquinaria mecánica demandó el 7.8% y los equipos eléctricos solamente el 1.3%, la industria del acero generó aproximadamente 672 mil empleos de manera directa e indirecta (CANACERO, 2017).

De esta forma se identifica la importancia del acero en la comercialización y la representación que tiene en la economía mexicana.

El artículo está organizado de la siguiente manera. La primera sección es una breve introducción sobre la importancia económica del acero dentro del marco global y de México; la segunda presenta la aplicación de modelos de inventario en el ramo del acero y los beneficios que alcanzaron; la tercera es la descripción de los modelos de inventario para el caso de estudio; la cuarta presenta el caso de estudio, los resultados obtenidos seguida de la discusión y conclusiones.

Los inventarios son aprovisionamientos de materias primas, componentes, productos en proceso y productos terminados, que aparecen en numerosos puntos a lo largo del canal de producción y en la logística de una empresa. Los inventarios se encuentran en lugares como almacenes, patios, pisos de maniobras, equipos de transporte y en los estantes de las tiendas de menudeo. Los costos de mantener inventarios están asociados con la cantidad del stock almacenado. A menudo se considera que equivalen al 25% del valor anual del producto, aunque hay autores que afirman que pueden oscilar entre 12% y 34% (Chávez y Torres, 2017).

Olivares (2017) Menciona que los motivos para crear inventarios van desde evitar clientes descontentos y la reducción de los costos por mantenimiento hasta aumentar la calidad y variedad de las mercancías. En los últimos cinco años la empresa ha aumentado su nivel de inventario en un 40,2% y aun así continua trabajando con los mismos sistemas de gestión de hace una década atrás. Esto ha generado la pérdida sobre el control de los costos de inventario y mercaderías faltantes, ambos estimados en un 18,87% de la mercadería almacenada y un 13,1% de las ventas respectivamente (Arana, 2015).

La eficacia de los sistemas de control de inventarios o gestión de políticas que ayuden al control de los mismos depende de factores como: la medición adecuada de los tiempos de reabastecimiento, el diseño de indicadores de eficiencia capaces de considerar todas la variables implícitas y en especial de la implementación de métodos que permitan una estimación precisa de la tendencia y variabilidad de la demanda (Aguirre, Ardila, Figueroa y Romero, 2015). De esta forma el inventario afecta los activos que se conservan, los costos en que se incurre, y la capacidad de respuesta provista en la cadena de suministro.

Con respecto a la importancia presentada sobre el control y administración de los inventarios en el sector acerero, se presentan metodologías diversas aplicadas en el sector del marco referencial presentado tal es el caso de la empresa chilena fabricante de bolas de acero para la molienda de minerales, se realizó un trabajo para la planificación de producción para un sistema multiproducto con diversas líneas de producción, a través de un modelo de programación lineal, el cual fue implementado en MS Excel con el uso de Premium Solver Platform. Este mismo fue capaz de incrementar la productividad operativa en un 3.6% con una reducción de costos en un 5%, esto debido al mejor uso de la capacidad y de la disminución de los inventarios a lo largo del horizonte de planificación (Viveros y Salazar, 2010).

Otro modelo aplicado se presentó en el año 2014, en Yumbo- Valle del Cuaca, Colombia, en una planta de producción de tubería de acero implementando un método matemático en lenguaje de programación AMPL de cinco fases, empleando como herramienta computacional el solucionador Gurobi del NEOS Server for Optimization, con el objetivo de reducir desperdicios de materia prima para minimizar los niveles de inventario. Gracias a la implementación de esta metodología se obtuvo la reducción del 4% del costo semanal de residuos en comparación con el proceso real de la empresa (Orejuela, Peña y Gil, 2014).

La empresa Grupo siderúrgico presentó la propuesta de mejora del proceso de despacho que produce y comercializa acero dimensionado, con la finalidad de mejorar el proceso de despacho mediante el análisis de problemas en las actividades logísticas así como apoyo en los requerimientos de la demanda, para atender a los clientes y satisfacer sus necesidades al mínimo costo posible permitiendo minimizar los costos logísticos y generando el retorno del capital invertido a lo largo de toda la cadena de suministro (Barrionuevo y Karlo, 2010).

Otra metodología identificada para la gestión del inventario de materias primas y materiales en la industria de acero denominada Astilleros, denominada modelación económico-matemática a través

de un sistema informático busca abastecer “n” productos en períodos fijos de planeación ya que se experimenta una demanda determinista y dinámica, por lo que se incurre en costos por mantener inventario y generar cada orden de compra, logrando que el valor del inventario de 55 % y 60 % disminuyera hasta un 47,68 %, implicando niveles más eficientes de existencias (Hernández, 2015).

A diferencia del estado práctico de inventarios presentado esta investigación aplica modelos de inventario en una empresa comercializadora de aceros para la construcción a fin de determinar las cantidades óptimas requeridas a través de los modelos (Economic Order Quantity –EOQ) y el modelo de revisión continua con demanda incierta – con desviación estándar (Q, R), siendo modelos matemáticos adaptables a empresas que solo basan sus decisiones de inventario en la experiencia y que requieren soportarlas para minimizar sus costos de almacenamiento.

De acuerdo a lo expuesto, se presentan antecedentes teóricos y de aplicación de estos modelos en empresas relacionadas con el sector de interés, a fin de conocer situaciones reales en donde se verifican aportes al tema. Es relevante el inicio de este tipo de estudios con esta clase de modelos, con el fin de facilitar el manejo y comprensión de casos más complejos.

Los modelos EOQ Y (Q, R), destacan por el importante compromiso entre los costos fijos y los costos de mantener el inventario en la venta y distribución de productos, estos modelos buscan minimizar la suma de ambos (Rodríguez, 2015)

En el ramo acerero se implementan modelos de inventarios que han permitido minimizar y optimizar sus costos en el manejo de materiales, permitiendo una operación controlada en la escala de la cadena de suministro; tal es el caso de Grupo Arcelor-Mittal (2012), empresa dedicada a la transformación de acero en Costa Rica, la cual admite no contar con métodos de control cuantitativo de inventario que ayuden a calcular la producción, realizando estas operaciones en base al conocimiento empírico, lo que incurría en pérdidas para la empresa, en un análisis realizado en el periodo 2009-2011, arrojó una proyección de compras de 18 000 toneladas mensuales de lingotes de acero, por lo tanto se recomendó en el estudio aplicar *modelos EOQ* los cuales establecieron mensualmente un requerimiento de 16 336 toneladas de lingotes con un punto de re orden de 4 200 toneladas. De esta forma con la aplicación del modelo se generó un ahorro para la empresa de aproximadamente 10% en los costos incurridos mensualmente en la adquisición de la materia prima, mejorando la solvencia económica de la empresa.

Otro caso de aplicación de modelo de inventario se identifica en la empresa "El acero " ubicada en Cuenca-Ecuador, comercializadora de aceros, bronce y rodamientos. En el estudio realizado en el periodo 2015-2016 se determinó que al aplicar el modelo EOQ punto de reorden con demanda incierta, se calculó el tiempo de rotación del inventario estableciendo el ciclo de compra-venta y logró disminuir los costos operacionales de adquisición, manejo de inventarios y por faltantes en un 2.83% anual (Moina y Tapia, 2016).

En Guayaquil - Ecuador, la empresa denominada Acero Santamaría (2016). Presenta un caso de aplicación técnico del modelo EOQ calculando la cantidad económica de pedido, punto de reorden, stock de seguridad y cobertura de los productos en 2016, elaborando un estudio de los niveles de inventario durante el periodo 2014–2015, identifico en el inventario un excedente del 20% en toneladas, con una cobertura del nivel de stock de 44.79 meses donde el objetivo de cobertura es de 4 meses. En la aplicación del modelo se logra reducir el 90% el nivel de inventario, cumpliendo las expectativas de la empresa.

El objetivo, para este caso de estudio es la aplicación de los modelos de inventarios EOQ y (Q,R,) para establecer políticas de inventario en todos los productos comercializados por la empresa, donde el algoritmo de implementación está definido por: 1. Recuperación de información sobre el comportamiento estadístico de ventas del periodo (2012-2016). 2. Identificación de unidad de medida de comercialización (Toneladas-Piezas), para su clasificación e identificación del comportamiento de su demanda. 3. Asignación de modelo de aplicación por producto de acuerdo a la identificación de su coeficiente de variabilidad. 4. Aplicación de modelos en todos los productos y obtención de las políticas de inventario. 5. Estado comparativo de los resultados de las políticas de inventario aplicadas en el primer semestre 2017 Vs sin políticas de inventario primer semestre 2016.

3.2. MATERIALES Y METODOS

Daniela Medellín (2017) menciona que en los inventarios coexisten 3 tipos de costos: 1. Costos de Flujos; consideran el transporte de las mercancías, los aranceles de importación, entre otros. 2. Costos por stocks; que engloban todo lo relacionado con el inventario de mercancías desde su almacenamiento, deterioro, pérdidas hasta la degradación de productos almacenados e impuestos a las ventas. 3. Costos de procesos; enfocan desde los costos por compras y lanzamiento de pedidos hasta los costos legales y por trámites.

La seguridad, productividad y los costos son claves en la gestión eficiente de un almacén, pero una mala administración de éstos y del inventario, pueden ocasionar pérdidas de tiempo, problemas de comunicación entre departamentos, reducción de productos obsoletos, errores al identificar productos y mala optimización de los recursos humanos, lo que puede llevar a las empresas a disminuir sus ganancias en más del 20% (el empresario, 2016).

Una política de inventario debe dar respuesta a las preguntas de: cada cuando debe revisarse el inventario, cuando y cuanto ordenar, ya sean ítems de demanda independiente o dependiente. Sin embargo, la metodología de estimación de políticas para darle respuesta a estas tres preguntas puede variar significativamente debido a dos aspectos: (1) el tipo de producto y (2) el ambiente de producción.

No existe una metodología clara y unificada para definir el control de la demanda dependiente de manera integral con la demanda independiente, sin embargo Juan Manuel Izar y Héctor Méndez (2013) presentan diferentes modelos que orientan a estimar la cantidad de pedido y el punto de reorden, cantidad económica de pedido (EOQ), el de un solo lote (USL), el método Híbrido (MH), el algoritmo Silver-Meal (SM), el Wagner-Within (WW) y Simulación (S).

Los modelos matemáticos aplicados con un enfoque de administración de inventarios de acuerdo a Ramírez (2009), se pueden dividir en dos grandes grupos: Modelos determinísticos y modelos estocásticos (probabilísticos), de acuerdo a la probabilidad de predecir si la demanda es constante o presenta fluctuaciones.

A diferencia de los modelos ya expuestos se establece como primer paso identificar el Coeficiente de Variabilidad (CV), para establecer la probabilidad de demanda de la muestra y asignar el modelo acorde a su comportamiento probabilístico o determinístico. Este CV basado en la estadística descriptiva, para validar la probabilidad de los acontecimientos en escala de tiempo-espacio, analiza datos numéricos y encierra generalizaciones entre estos, agrupándolos para aplicar las técnicas

asociadas con el tratamiento o procesamiento del conjunto de datos. Así mismo recoge, ordena y clasifica los datos de interés para analizar una muestra de la población considerada. Por otra parte la UNAM (2017), determina el CV como una medida de variabilidad relativa expresada en porcentaje, que se utiliza para comparar la variabilidad de una serie de datos.

En relación a la aplicación de los modelos probabilísticos y determinísticos, Palacios (2015) menciona que: para identificar y tomar la decisión del modelo de aplicación se determina el coeficiente de variabilidad (CV). Si el coeficiente determinado es menor a 0.20 el cual es representado en porcentaje (20%) se implementa un modelo determinístico, de lo contrario la demanda es muy inestable y corresponde a la aplicación de un modelo probabilístico.

En las ecuaciones 1, 2, 3 se describe el proceso matemático para calcular el coeficiente de variabilidad:

1.- Cálculo de la estimación $\bar{d}$ de la demanda promedio por periodo:

$$\bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n di \quad (1)$$

2.- Cálculo de la estimación de la varianza D por periodo:

$$Est. var D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n di^2 - \bar{d}^2 \quad (2)$$

3.- Cálculo de un estimado de la variabilidad relativa de la demanda (llamado coeficiente de variabilidad). A esta cantidad se le presenta como CV:

$$CV = \frac{est. var D}{\bar{d}^2} \quad (3)$$

Modelo determinístico

Cálculo del Modelo Determinístico de Lote Económico de Pedido (EOQ).

1.- Cantidad óptima a ordenar:

$$q^* = \sqrt{\frac{2Kd}{h}} \quad (4)$$

2.- Costo total logístico de inventario:

$$\mu(q) \frac{kd}{q} + cd + \frac{hq}{2} \quad (5)$$

3.- Número de órdenes anuales:

$$n = \left(\frac{d}{q^*} \right) \quad (6)$$

4.- Duración del ciclo de pedido:

$$T^* = \frac{q^*}{d} \quad (7)$$

Dónde:

d : Demanda determinística

q^* : Tamaño óptimo de cada pedido

K : Costo de ordenar

h : Costo de sostener inventario unitario

c : Costo de compra unitario

Modelo probabilístico

Cálculo del Modelo revisión continua con demanda incierta y con desviación estándar (q, R) (Ríos y Martínez, 2009):

1.- Cantidad optima a ordenar:

$$q^* = \sqrt{\frac{2Kd}{h}} \quad (8)$$

2.- Cálculo del punto de reorden R :

$$R = d * L + Z_{CSL} * S'd \quad (9)$$

3.- Costo total logístico de inventario:

$$\mu(q) \frac{Kd}{q} + cd + \frac{hq}{2} \quad (10)$$

4.- Nivel de servicio por piezas:

$$FR = 1 - \frac{S'd * E_z}{q} \quad (11)$$

Dónde:

$S'd$: Desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega ordenar

h : Costo de sostener inventario

c : Costo de compra

u : Costo de stockout (costo de faltante)

E_z : Proporción de stockout (faltante), dada Z

Z_{CSL} : Valor de Z para la distribución normal con un nivel de servicio en el ciclo (CSL) definido.

*Para este modelo se aplica un stock de seguridad = $Z_{CSL} * S'd$ (desviación estándar ajustada)*

3.3. CASO PRÁCTICO

Este apartado se divide en dos secciones, en la primera se le induce al lector a los antecedentes relevantes de la empresa, materiales comercializados, proveedores y clientes. La segunda denominada “Caso de estudio”, donde se le da a conocer al lector la condición de operación actual de la empresa al no contar con políticas de inventario, describiendo los acontecimientos sucedidos y las decisiones tomadas por parte de la empresa, así como las políticas de inventario implementadas como acciones correctivas.

3.4. CARACTERIZACIÓN DE LA EMPRESA

La empresa inicia operaciones en el año 1976 con un enfoque de venta en materiales metálicos para la construcción. Su modelo de negocio está basado en la distribución directa sin intermediarios. Ofrece servicio a cerca de 500 clientes en 4 estados.

Actualmente la empresa cuenta con 70 empleados, 20 administrativos y 50 operativos. La empresa comercializa 20 materiales de acero para la construcción adquiridos de 6 proveedores. En el servicio y distribución de materiales, cuenta con 19 unidades de carga, 4 montacargas y 6 vehículos utilitarios.

La Tabla 18. Presenta el catálogo de los 20 materiales comercializados por la empresa, la unidad de medida como son comercializados y los proveedores de los cuales se adquieren los materiales.

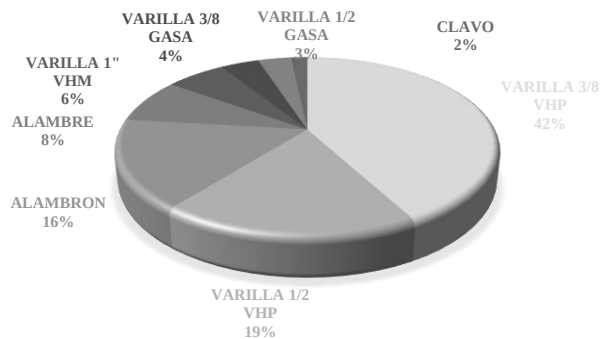
Tabla 18. Materiales comercializados por la empresa.

No.	Materiales	Medida	Proveedor
1	Armex 20x15	Piezas	Villacero S.A de C.V
2	Armex 15x15	Piezas	Villacero S.A de C.V
3	Lamina 2.44	Piezas	Ternium México S.A de C.V
4	Lamina 3.05	Piezas	Ternium México S.A de C.V
5	Lamina 3.66	Piezas	Ternium México S.A de C.V
6	Lamina 4.27	Piezas	Ternium México S.A de C.V
7	Lamina 4.88	Piezas	Ternium México S.A de C.V
8	Lamina 5.50	Piezas	Ternium México S.A de C.V
9	Lamina 6.10	Piezas	Ternium México S.A de C.V
10	Malla 610	Piezas	De Acero, S.A de C.V
11	Malla 666	Piezas	De Acero, S.A de C.V
12	Plafón 500	Piezas	De Acero, S.A de C.V
13	Alambre	Toneladas	Ternium México S.A de C.V
14	Alambrón	Toneladas	Ternium México S.A de C.V
15	Clavo	Toneladas	Industrial Sobasa, S.A de C.V
16	Varilla 1" VHM	Toneladas	Hylsa S.A de C.V
17	Varilla 1/2 Gasa	Toneladas	Grupo Acerero S.A de C.V
18	Varilla 1/2 VHP	Toneladas	Ternium México SA de C.V
19	Varilla 3/8 Gasa	Toneladas	Grupo Acerero S.A de C.V
20	Varilla 3/8 VHP	Toneladas	Ternium México S.A de C.V

Fuente. Elaboración propia de datos obtenidos de la empresa.

De acuerdo a los materiales se presentan los porcentajes de venta por unidad de medida comercializada. *Se define aplicar la metodología en todos los materiales* a fin de obtener datos cuantitativos unitarios y totales para una evaluación comparativa de mejora.

La Fig. 15. Muestra los porcentajes de venta de los materiales comercializados por tonelada en un periodo de análisis de 5 años, identificando que entre los materiales la varilla 3/8, varilla ½ y alambrón generan el 77% de las ventas.

**Figura 15.** % de ventas de los materiales comercializados por tonelada.

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la empresa.

Con respecto a los porcentajes de ventas de los materiales comercializados en piezas representados

en la Fig. 16. Se identifica que el material Armex 15X20 genera el 91% de las ventas totales en piezas.

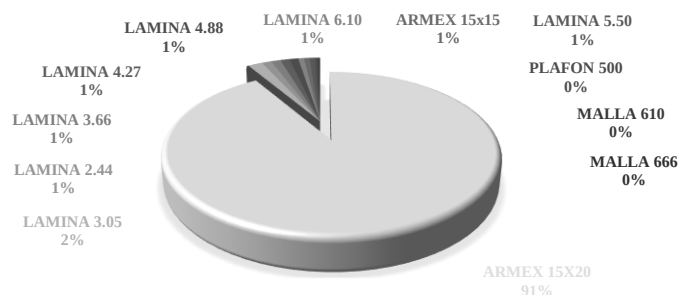


Figura 16. % de ventas de los materiales comercializados por pieza.
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la empresa.

3.5. CASO DE ESTUDIO

El estudio realizado a la empresa muestra que no cuenta con la aplicación de metodologías para el control de la logística de inventarios, lo cual afecta directamente a los clientes, externando quejas en un promedio de 35% en incumplimiento de fechas y horarios de entrega de los materiales y un 27% inconformidades por entregas incompletas en sus pedidos, identificando la pérdida del 12% de los clientes en 2016.

El retraso por incumplir con los requerimientos de los clientes, genera un 45% de re trabajos, afectando en salidas tardías de reparto, con un 60% de tiempo excedente y genera un 85% de tiempo extra en mano de obra del departamento operativo (Logística, Transporte y Almacén). Se estima un incremento del 35% de gastos administrativos (Llamadas telefónicas, papelería, salarios administrativos, re facturaciones, generación de nuevas órdenes de pedido, servicio al cliente y combustible).

De una forma general se estima que la falta de políticas de inventario genera un gasto mayor del 45% del presupuesto mensual equivalente a \$540 000.00 pesos, sin considerar las ventas no generadas por los clientes perdidos.

La investigación define establecer políticas de inventario que minimicen los costos logísticos en los niveles de inventario para una mejor planeación y control, que apoye en el cumplimiento de la demanda solicitada, así como en la recuperación de la credibilidad de entrega de pedidos al cliente.

Para generar las políticas de inventario se propone utilizar los modelos matemáticos presentados en el apartado de materiales y métodos una vez analizado el comportamiento de la demanda de los materiales.

El cálculo del coeficiente de variabilidad, elimina la dimensionalidad de las variables obtenida por la desviación estándar, como unidad de medida absoluta de la dispersión de la muestra, que expresa la variación de las unidades de los materiales demandados en el periodo de estudio. Pero no puede ser la única base para la comparación de las distribuciones de las demandas por la variabilidad. De lo

mencionado si se tiene una desviación estándar de 20 unidades en cualquier material y una media de 10, los valores varían al doble de la media. Si en otra muestra tenemos una desviación estándar de 20 con una media de 6 000, la variación respecto a la media es insignificante.

En este caso se requiere una medida relativa, que nos proporcione una estimación de la magnitud de la desviación de la muestra de los materiales, respecto de la magnitud de la media. El coeficiente de variación es una medida relativa de dispersión, que expresa a la desviación estándar como un porcentaje de la media, así de esta forma se elimina la dimensionalidad de las muestras de los materiales y los agrupa a una distribución más homogénea y se define el modelo de aplicación propuestos (EOQ) ó (Q,R). La Tabla 19. Presenta el modelo que aplica por material de acuerdo al coeficiente de variabilidad obtenido de la aplicación de las formulas 1, 2 y 3, descritas en la sección de metodología.

Tabla 19. Asignación del modelo para establecer la política de inventario.

No.	Materiales	Promedio de demanda anual (Piezas)	Cv	Modelo
1	Armex 15X20	247 285	0.59	Probabilístico
2	Lamina 3.05	1 206	0.81	Probabilístico
3	Lamina 2.44	641	1.12	Probabilístico
4	Lamina 3.66	1 058	0.66	Probabilístico
5	Lamina 4.27	1 090	0.96	Probabilístico
6	Lamina 4.88	1 230	0.84	Probabilístico
7	Lamina 6.10	737	0.72	Probabilístico
8	Armex 15x15	247 285	0.59	Probabilístico
9	Lamina 5.50	765	1.02	Probabilístico
10	Plafón 500	208	0.26	Probabilístico
11	Malla 610	55.85	1.02	Probabilístico
12	Malla 666	55.85	1.02	Probabilístico
No.	Materiales	Promedio de demanda anual (Toneladas)	Cv	Modelo
13	Varilla 3/8 VHP	1 133	0.13	Determinístico
14	Varilla 1/2 VHP	2 944	0.31	Probabilístico
15	Alambrón	2 579	0.23	Probabilístico
16	Alambre	1 218	0.08	Determinístico
17	Varilla 1" VHM	1 313	0.66	Probabilístico
18	Varilla 3/8 Gaza	1 133	0.13	Determinístico
19	Varilla 1/2 Gaza	1 155	0.24	Probabilístico
20	Clavo	245	0.16	Determinístico

Fuente: Elaboración propia de resultados obtenidos de las formulas 1, 2 y 3.

3.6. RESULTADOS

La aplicación de la metodología se extiende a todos los materiales comercializados por la empresa, para interpretar las políticas de inventario obtenidas, las cuales se toman como ejemplo en la

aplicación de dos materiales diferentes por la variación de los modelos, considerando la Varilla de 3/8 VHP con modelo (EOQ) y Varilla de ½ VHP para el modelo (Q,R).

La Tabla 20. Presenta los resultados de la aplicación del modelo EOQ, a través de las formulas 4, 5, 6 y 7, para el material VARILLA 3/8 VHP, la cual establece la política de la cantidad optima a ordenar en el pedido, la cual se establece en 62.09 toneladas, de esta forma cuando el nivel de inventario llegue a 12.43 toneladas se debe realizar el siguiente pedido para asegurar que en todo momento de operación se cuente con inventario, se determina un tiempo de 19.99 días de duración del periodo de entrega, por parte del proveedor hacia la empresa en cuestión, estimando un total de pedidos de 18.26 en el año 2017. El ciclo de aplicación de los modelos se representa gráficamente en la Figura 17.

Tabla 20. Resultados de la aplicación del modelo de lote económico.

Modelo de Lote económico de pedido (Economic Order Quantity- EOQ)						
No.	Material	Cantidad optima a ordenar en toneladas (q^*)	Número de pedidos por año (n)	Tiempo en días entre solicitud de pedidos (T^*)	Costos logísticos de inventario totales \$ (mu)	Punto de reorden en toneladas (R.)
1	VARILLA 3/8			19.9	11	907
	VHP	62.09	18.26	9	310.47	12.43

Fuente: Elaboración propia.

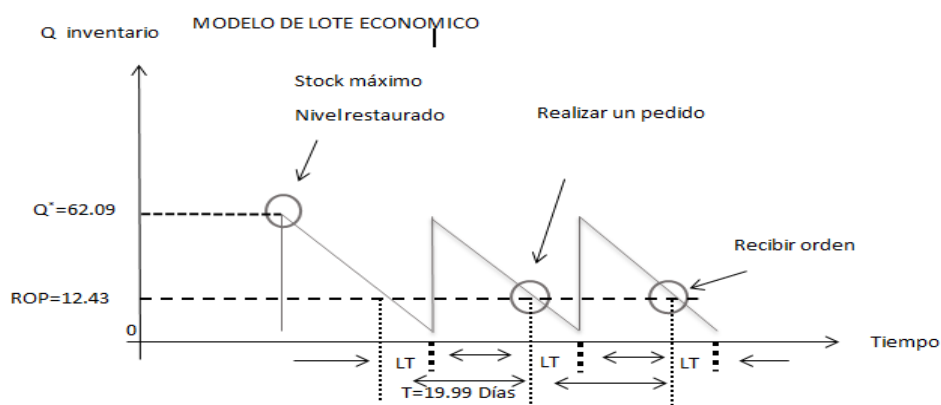


Figura 17. Representación gráfica del modelo Lote económico de pedido (Economic Order Quantity- EOQ).
Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de aplicación del modelo (Q,R), se generan las políticas para material varilla ½ representado en la Tabla 21. Indica que la cantidad optima a ordenar será de 4.88 toneladas, identificando que cuando el nivel de inventario llegue a 25.56 toneladas será el punto de reorden,

generando costos logísticos totales de inventario por 2 576 554.04, garantizando un nivel de servicio del 99%, esta política nos permite asegurar entregas completas de los pedidos del cliente.

Tabla 21. Resultados de la aplicación del modelo de revisión continua con demanda incierta y con desviación estándar.

Modelos de revisión continua con demanda incierta - con desviación estándar (q,R)						
No.	Material	Cantidad optima a ordenar en toneladas (q*)	Punto de reorden en toneladas (R.)	Costos logísticos de inventario totales \$ (mu)	Nivel de servicio (%)	Stock de seguridad (Piezas)
1	Varilla 1/2 VHP	4.88	25.56	2 576 554.04	99	0.04

Fuente: Elaboración propia.

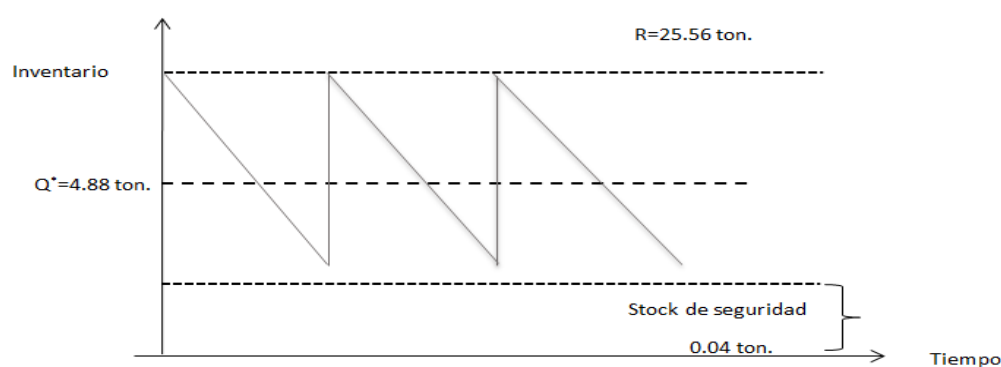


Figura 18. Representación gráfica del modelo de revisión continua con demanda incierta y con desviación estándar (Q,r) del material Varilla ½ VHP.

Fuente: Elaboración propia.

En las Tablas 22, 23 y 24 se presentan las políticas de inventario obtenidas para cada uno de los materiales comercializados por la empresa, los cuales se determinaron de acuerdo a la forma de comercialización por tonelada o pieza.

Tabla 22. Políticas de inventario obtenidas de la aplicación del modelo de lote económico para materiales comercializados en toneladas.

No.	Material	Cantidad optima a ordenar en	Número de pedidos	Tiempo en días entre solicitud	Costos logísticos de inventario totales \$ (mu)	Punto de reorden en
-----	----------	------------------------------	-------------------	--------------------------------	---	---------------------

		toneladas (q*)	por año (n)	de pedidos (T*)		toneladas (R.)
1	Varilla 3/8 VHP	62.09	18.26	19.99	11 907 310.47	12.43
2	Alambre	64.35	18.93	19.28	18 635 721.76	13.35
3	Varilla 3/8 Gaza	62.09	18.26	19.99	10 047 550.47	12.43
4	Clavo	28.86	8.49	43.00	3 545 294.31	2.68

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23. Políticas de inventario obtenidas del modelo de revisión continua con demanda incierta y con desviación estándar para materiales comercializados en toneladas.

Modelos de revisión continua con demanda incierta - con desviación estándar (q,R)						
No.	Material	Cantidad optima a ordenar en toneladas (q*)	Punto de reorden en toneladas (R.)	Costos logísticos de inventario totales \$ (mu)	Nivel de servicio (%)	Stock de seguridad (Piezas)
1	Varilla 1/2 VHP	4.88	25.56	2 576 554.04	99	0.04
2	Alambrón	4.61	21.5	2 214 726.66	99	0.10
3	Varilla 1" VHM	3.24	10.96	1 160 172.33	99	0.05
4	Varilla 1/2 Gaza	3.1	9.64	985 479.63	99	0.14

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24. Políticas de Inventario obtenidas de la aplicación del modelo de revisión continua con demanda incierta y con desviación estándar para materiales comercializados en piezas.

Modelos de revisión continua con demanda incierta - con desviación estándar (q,R)						
No.	Material	Cantidad optima a ordenar en piezas (q*)	Punto de reorden en piezas (R.)	Costos logísticos de inventario totales \$ (mu)	Nivel de servicio (%)	Stock de seguridad (Piezas)
1	Armex 15x20	16	6	1 877.54	96	0.27
2	Lamina 3.05	27	37	13 905.04	86	0.04
3	Lamina 2.44	22	25	6 047.2	87	0.05
4	Lamina 3.66	24	28	14 578.32	88	0.06
5	Lamina 4.27	22	38	17 528.64	81	0.04
6	Lamina 4.88	22	39	22 953.22	81	0.04
7	Lamina 6.10	15	21	16 863.50	86	0.07
8	Armex 15x15	18	6	1 435.11	97	0.27
9	Lamina 5.50	16	28	15 884.49	81	0.05
10	Plafón 500	10	5	3 270.07	95	0.32
11	Malla 610	2	2	6 019.49	88	0.68
12	Malla 666	1	2	12 015.05	84	0.68

Fuente: Elaboración propia.

La Fig. 19. muestra un estado comparativo sobre los trabajos e indicadores afectados por la falta de políticas de inventario en 2016 con respecto a lo obtenido en el establecimiento de políticas de inventario en 2017, presentando una disminución del 65% en el tiempo extra de mano de obra, reduciendo las salidas tardías de un 60% a un 15 %, mejorando el flujo y carga de los materiales, agilizando la salida para el reparto a los clientes, con lo que se reducen un 28% las entregas incumplidas y un 22% las entregas incompletas, disminuyendo así los re trabajos en un 4% y presentando perdidas del cliente de un 12% a un 2%.

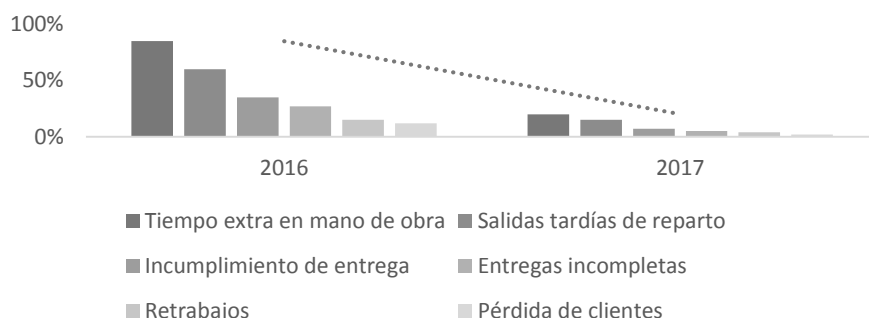


Figura 19. Comparación del caso de estudio del primer semestre 2016 Vs 2017.
Fuente: Elaboración propia

La Fig. 20. presenta de una forma porcentual la disminución del excedente del presupuesto gastado en el primer semestre del 2016 vs 2017, el cual del 45% se reduce a un 15%, obteniendo una reducción del 30%.



Figura 20. Reducción del excedente de presupuesto del primer semestre de 2017 Vs 2016.
Fuente. Elaboración propia.

Se reduce el 30% con respecto al 2016 el cual equivale a un ahorro económico para el primer semestre del año 2017 de \$2 754 000.00 pesos, más de lo que se destina al presupuesto de operación de la empresa para 60 días.

3.7. DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados presentados acerca de las investigaciones en el marco de referencia de la aplicación de metodologías en la gestión de inventarios en el sector acerero identifica que están aplicados a una sola apartado en cada uno de los casos tales como la adquisición de materia prima, el costo por faltantes y los tiempos de cobertura en los stocks.

Sin embargo en los casos expuestos, de las empresas que han implementado modelos para establecer políticas de inventario, se presume que en todos ellos se han encontrado mejoras y ahorros sustentables de acuerdo a cada uno de sus objetivos, de esta forma resalta la importancia de seguir buscando metodologías que aporten mejoras en la gestión de los inventarios y rentabilidad en las empresas a través de la toma de decisiones sustentada de métodos cuantitativos y la aplicación de modelos como el Modelo de Lote Económico de pedido y de Revisión continua con demanda incierta.

Por otra parte se confirma que existen pocas investigaciones de aplicación en la gestión de políticas de inventario en el sector acerero y en el caso específico del acero para la construcción es carente casi nula la aplicación de metodologías que ayuden a tomar decisiones en la administración, control y gestión del inventario lo cual incrementa márgenes de error en la toma de decisiones en las políticas de inventario generando excedentes en sus costos de operación de inventario.

La definición de los modelos presentados fue definida mediante un estudio de la operación de la empresa de 5 años anteriores al 2017 y a través de un análisis de series de datos de las diferentes metodologías se definió la aplicación de estos modelos en coordinación con la gerencia. Es posible que alguien difiera entre la aplicación de los modelos y la metodología empleada, para este caso se define a través de una forma colaborativa ya que se obtuvo la participación de la investigación de métodos así como del personal que opera día a día en la empresa. Con esta participación colaborativa los resultados presentados se consideran admisibles, ya que están corroborados por la gerencia de la empresa y estos a su vez fueron validados por personal a cargo de los diferentes departamentos involucrados como logística, ventas y transporte.

3.8. CONCLUSIONES

El establecer políticas de inventario a través de los modelos de lote económico de pedido (Economic Order Quantity –EOQ) y revisión continúa con demanda incierta (q, R), oriento a los administradores de almacén a elaborar una planeación logística de los inventarios, identificando con seguridad los volúmenes de pedido, garantizando las demandas de los clientes sin generar excedente, acertando el nivel de servicio en un 90.4% recuperando credibilidad y la recuperación del 10% de clientes.

Los modelos aplicados atendieron la necesidad de establecer políticas para el tamaño de pedido con el fin de proyectar los pedidos requeridos en un periodo de 12 meses, calendarizando la solicitud de cada pedido e identificando el punto de reorden, estableciendo presupuestos para sus costos logísticos de inventario, identificando que la planeación establecida de acuerdo a las políticas de inventario minimizó el número de viajes de entrega a los clientes por re surtimientos por falta de productos, estas políticas permitieron generar un rol de entrega de los materiales, estableciendo que del 100% de ahorro obtenido de la aplicación de dichas políticas, el 65% corresponde a ahorros en el consumo de combustible y mano de obra por re trabajos y tiempo extra.

Con los resultados obtenidos se confirma que la aplicación de métodos cuantitativos para generar y establecer políticas de inventario genera resultados positivos en beneficio de las organizaciones y que estas no están limitadas a un sector comercial, por lo que la industria del acero para la construcción requiere de estas metodologías en apoyo a minimizar sus costos logísticos de inventario para lograr el aumento de su rentabilidad.

Como trabajo futuro se pretende buscar y aplicar otras metodologías que nos ayuden a mejorar los resultados ya obtenidos como la simulación y las tecnologías de información aplicadas a la logística de inventarios.

3.9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ArcelorMittal. Proyecto Arcelor Mittal [en línea] [fecha de consulta: 17 noviembre 2017]. Disponible en: corporate.arcelormittal.com

Aguirre- Lasprilla, S., Ardila-Rueda, W., Figueroa, L., & Romero-Rodríguez, Daniel H. (2015). Parametrization and evaluation of Inventory Policy (S,Q) in Hospitals: A case of study in Barranquilla. *Prospect*, 13(1), 99-105.

Asociación Latinoamericana del Acero (Alacero). (2017) ACERO EN LA ALTA TECNOLOGÍA Call Center en Querétaro. Recuperado de: https://www.alacero.org/sites/default/files/revista/pagina/al563_nuestra_portada.pdf

Arana, F. Gestión de inventarios en una empresa de repuestos automotrices. *Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de Ingeniería Industrial*. [en línea]. 2015, [fecha de consulta 11 diciembre 2017] Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/132985/Gestion-de-inventarios-en-una-empresa-de-respuestos-automotrices.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Barrionuevo C., Karlo J. Propuesta de mejora del proceso de despacho en una empresa que produce y comercializa acero dimensionado. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Facultad de Ingeniería industrial. [en línea]. 2010, [fecha de consulta 12 febrero 2018] DOI <http://dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.1594842>
- Camimex (2016), AHMSA, Ternium Y ArcelorMittal Aportan 62% De La Producción De Acero En México, Recuperado de: <http://outletminero.org/ahmsa-ternium-y-arcelormittal-aportan-62-de-la-produccion-de-acero-en-mexico/>
- CAAAREM (2017), Producción Mundial de Acero Crece con una Participación Mundial de China de 49.6%, Recuperado de: <https://www.opportimes.com/manufactura/produccion-mundial-acero-crece-una-participacion-china-49-6/>
- Centro de Estudios Económicos del Sector de la Construcción [CEESCO]. (2016) Análisis sobre el impacto en el precio del Acero en el Mercado Nacional. Recuperado de: [http://www.cmic.org.mx/cmic/ceesco/2016/AN%C3%81LISIS%20INCREMENTOS%20DEL%20PRECIO%20DEL%20ACERO%2017_10_2016-1-16%20\(1\)%20\(1\).pdf](http://www.cmic.org.mx/cmic/ceesco/2016/AN%C3%81LISIS%20INCREMENTOS%20DEL%20PRECIO%20DEL%20ACERO%2017_10_2016-1-16%20(1)%20(1).pdf)
- Chávez Jorge H., Torres R. Una verdad incómoda: El costo de mantener inventarios *Negocios Globales Logística Transporte Distribución*. [en línea]. 2009, [fecha de consulta 01 diciembre 2017]. Disponible en: <http://www.emb.cl/negociosglobales/articulo.mvc?xid=749&edi=32&xit=una-verdad-incomoda-el-costode-mantener-inventarios>
- Hernández C. Metodología para la coordinación del inventario de materias primas y materiales en la industria de astilleros. Universidad de Oriente, Santiago de Cuba. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. [en línea]. 2015, Vol. 6 (1), 60-80 [fecha de consulta 12 febrero 2018]. ISSN 2218-3639. Disponible en: <file:///C:/Users/User0/Downloads/256-995-1-PB.pdf>
- Izar, J. M. Méndez, H. Estudio comparativo de la aplicación de 6 modelos de inventarios para decidir la cantidad y el punto de reorden de un artículo. *Ciencia y Tecnología* [en línea]. 2013, Vol. 13 pp. 217 – 232 [fecha de consulta 4 octubre 2017]. Disponible en: http://www.palermo.edu/ingenieria/pdf2014/13/CyT_13_16.pdf
- Medellín D. ¿Un Inventario equivale a gasto o inversión?, *Revista de Logística*. [En línea]. 2017, [fecha de consulta 11 diciembre 2017] Disponible en: <https://revistadelogistica.com/actualidad/un-inventario-equivale-a-gasto-o-inversion/>
- Moina, N. Tapia, J. Análisis y propuesta de un modelo de gestión de inventarios para el sector comercial ferretero industrial (Ertalo, acero, rodamiento) de acuerdo a la denominación INEC G4719.00. En la ciudad de Cuenca. Caso de aplicación: Empresa el acero. Periodo 2015-2016. *Facultad de ciencias Económicas y Administrativas* [en línea]. [Fecha de consulta 5 octubre 2017]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/25540/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf>

- Olivares, D. Como hacer un inventario y para qué sirve. *TENDENZIASMEDIA.COM*2017. [en línea]. 2017, [fecha de consulta 01 diciembre 2017] Disponible en: https://definanzas.com/como-hacer-un-inventario/#Ventajas_de_hacer_un_inventario
- Orejuela P., Peña D., Gil C. Reducción de desperdicios de materia prima en una empresa del sector metalmecánico mediante la implementación y modelación del cutting stock problem*. *SciELO- Scientific Electronic Library Online*. [en línea]. 2014, Vol. **9** (1), 73- 90 [fecha de consulta 12 febrero 2018]. ISSN 1909-0455. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v9n1/v9n1a06.pdf>
- Palacios L., Flores L., Álvarez R., Contreras A., Sánchez D., Martínez J. Inventory management through push y pull and vendor management inventory – case of study: RI SA products. *DYNA Management* [en línea]. 2015, Vol. **3** pp. 1-8. [fecha de consulta 4 octubre 2017]. DOI <http://dx.doi.org/10.6036/MN7565>
- Ramírez, L. Soto, D. Pérez, M. y Gómez, W. Aplicación de un modelo de inventarios multi producto para las PYMES en Bogotá. *Revista de la facultad de ingeniería de la universidad libre. Ingenio libre* [en línea]. 2009, Vol. **9**. pp.74-81 [fecha de consulta 4 octubre 2017]. Disponible en: <https://www.revistavirtualpro.com/biblioteca/aplicacion-de-un-modelo-de-inventarios-multiproductos-para-las-pymes-en-bogota>
- Revista Acero Latinoamericano, 2017 (Número 563) [En Línea], Recuperado de: https://issuu.com/acerolatinoamericano/docs/alacero_al563_issuu
- Santamaría H. G. B. Desarrollo de un modelo de manejo de inventarios para la materia prima de la empresa acero. Escuela superior politécnica del litoral. *Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción*. [en línea]. 2016, [fecha de consulta 5 octubre 2017] Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/93763/D-CD88284.pdf>
- Universidad Nacional Autónoma de México [UNAM] Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. (2013-2017) Medidas de Tendencia Central y Medidas de Dispersión. Recuperado de: <https://bdigital233.files.wordpress.com/2017/10/1-4-medidas-de-tendencia-central-y-de-dispersic3b3n.pdf>
- Viveros R., Salazar E. Modelo de planificación de producción para un sistema multiproducto con múltiples líneas de producción. *Revista Ingeniera de Sistemas*. [en línea]. 2010, Vol. **24** (1) 89-102 [fecha de consulta 12 febrero 2018]. Disponible en: <http://www.dii.uchile.cl/~ris/RISXXIV/Viveros89.pdf>

CAPITULO IV

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE AUTOMOVILES EN LA EMPRESA BELLA VISTA DE APIZACO S.A. DE C.V

Mtro. Arturo Contreras Juárez 1, Juan David Hernández González 2, Catya Atziry Zúñiga 3, José Luis
Martínez Flores 4

Resumen: El artículo presenta los resultados del proyecto realizado en la empresa Bella Vista de Apizaco S.A. de C.V. dedicada al transporte de personal. El estudio se enfoca en el diseño e implementación de un programa de mantenimiento preventivo automotriz, por identificar paros de las unidades imprevistos, gastos excesivos y registros inexistentes de mantenimientos. Se implementa el programa de mantenimiento preventivo con ayuda de la metodología PDCA (Planear, Hacer, Checar, Actuar) con la finalidad de estandarizar el proceso y generar una mejora continua. Mediante el desarrollo de un manual de procedimientos, logrando tener un control de las unidades así como establecer presupuestos para el control de gastos de mantenimiento.

Palabras clave— Programación, Mantenimiento, Flota Vehicular, Unidad, Operador, Estandarización.

4.1. INTRODUCCIÓN

Si se diera la importancia necesaria al mantenimiento preventivo de las unidades vehiculares, las empresas reducirán costos de operación, obtendrían mayor disponibilidad, reducirían la incertidumbre en el uso de una unidad. La finalidad del mantenimiento preventivo es: encontrar y corregir los problemas antes de que estos provoquen fallas mayores. Como su nombre lo indica el mantenimiento preventivo se diseñó con la idea de prever y anticiparse a los fallos de las máquinas y equipos. Bajo esa premisa se diseña el programa con frecuencias calendario o uso del equipo, para realizar cambio de partes, reparaciones, ajustes, cambios de aceite y lubricantes, etc., a maquinaria, equipos e instalaciones y que se considera importante realizar para evitar fallos. En la empresa Bella Vista de Apizaco S.A. de C.V. no se realiza la programación del mantenimiento preventivo en sus unidades, por lo que representa un problema al trabajar bajo el mantenimiento correctivo, lo que resulta en fallas inesperadas, pago de arrastre de unidad, fuertes gastos y menor disponibilidad de las unidades etc. En la presente investigación se detalla la implementación del programa de mantenimiento preventivo vehicular para motores a gasolina y diésel. Las limitantes que se encuentran, así como los beneficios obtenidos.

4.2. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

En la empresa Bella Vista de Apizaco S. A. de C. V., resulta primordial que las unidades de transporte se encuentren en las mejores condiciones para cumplir con los traslados sin presentar algún inconveniente o falla, ya que en caso de presentarse alguna falla y no cumplir con los tiempos establecidos son acreedores a sanciones, de aquí la necesidad de tener un programa de mantenimiento preventivo que asegure la funcionalidad de las mismas. En la empresa Bella Vista S.A. de C.V. no existe un programa de mantenimiento que resulte eficiente a las necesidades cotidianas de la compañía, cabe mencionar que existen diferentes problemas, deficiencias y carencias en el área de mantenimiento.

Algunos de los problemas específicamente son, que el encargado de mantenimiento no realiza un programa preventivo de mantenimiento, para optimizar los costos, además de no contar con un registro adecuado de los servicios realizados a las unidades. Por otro lado el Check-list con el que se cuenta es ineficiente ya que no cuenta con todos los puntos importantes a checar de manera diaria. Además de que no todos los operadores no lo realizan de manera constante. Actualmente el problema presenta un incremento permanente creciente de costos, ya que las unidades trabajan bajo mantenimiento correctivo, es decir, se detecta un problema que pudo ser reparado por un costo menor, demasiado tarde.

4.3. OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un programa de mantenimiento preventivo para evitar fallas específicas en las unidades, reduciendo costos de operación, aplicando metodologías que ayuden al crecimiento de la organización.

4.4. ANTECEDENTES DE MANTENIMIENTO

Existen distintos tipos de mantenimiento los cuales son el mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo, estos tienen distintos procesos de implementación al igual que beneficios, por ejemplo el mantenimiento preventivo como su nombre lo indica es con el fin de prever averías que en un futuro puedan tener consecuencias mayores a continuación se define cada uno de ellos:

Mantenimiento preventivo: Consiste en la inspección periódica del aparato o dispositivo y en su reparación o sustitución, incluso ahoque no muestre signos de mal funcionamiento. Este puede realizarse en tres formas; Fijos (Con intervalos iguales de revisión de componentes), Según condición (se revisan los componentes cuando se exceden los límites de operación), Control de actuaciones (se realizan desmontajes de componentes para su inspección);

Mantenimiento predictivo: Consiste en el análisis de parámetros de funcionamiento del sistema estudiando su evolución temporal para detectar fallos antes de que estos provoquen consecuencias graves, evitando así fallas repentinas. Los utensilios o herramientas que se utilizan en este mantenimiento son; análisis de variaciones con acelerómetros, análisis de muestra de fluidos, análisis dinámico de operación de procesos, análisis de fallos etc.;

Mantenimiento correctivo: Es la reparación de averías es decir la intervención con rapidez que permite la puesta en marcha del equipo en el menor tiempo posible consumiendo la menor cantidad posible de recursos, (Creus, 2005).

En la Figura 21 se puede observar los diferentes tipos de mantenimiento que existen, así como algunas de las actividades que se realizan en cada uno. Para efectos de este proyecto se tomó hincapié en el mantenimiento preventivo.

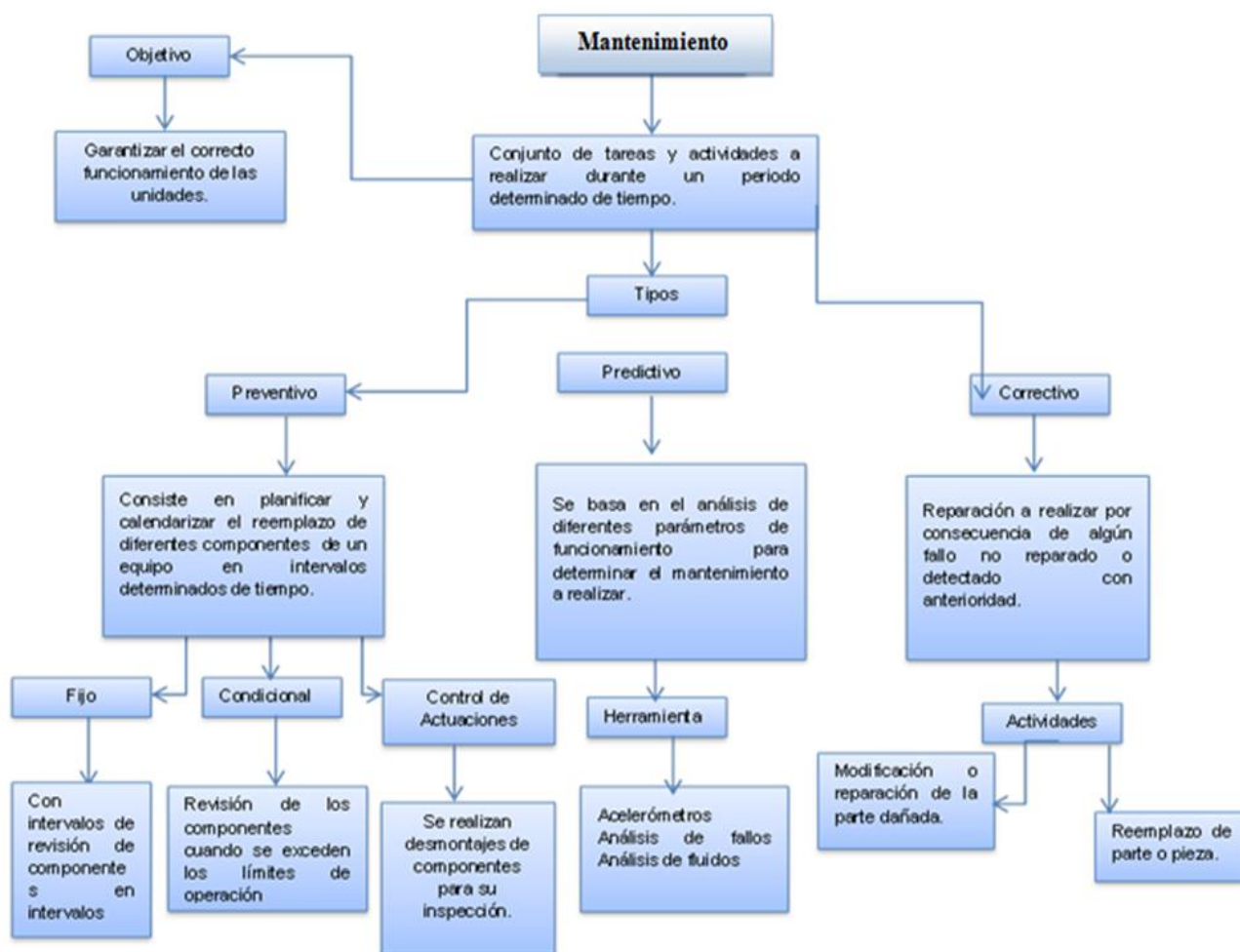


Figura 21. Tipos de mantenimiento.
Fuente: Elaboración propia

Se llama programación de Mantenimiento Preventivo, al proceso de correlación de los equipos con la periodicidad, cronogramas de ejecución de las actividades programadas, instrucciones de mantenimiento, datos de medición, centros de costos y cualquier otro dato juzgado por el usuario como necesario para actuar preventivamente en los equipos. (Tavares, 1996) De acuerdo a Armando Maldonado S. existen 10 niveles los cuales se muestran a continuación:

- Nivel 0: Operaciones de conservación (Engrase, cambios de aceite, etc.).
- Nivel 1: Plan de mantenimiento tipo A, B, C, etc. (Control de afinación)
- Nivel 2: Reparaciones de partes que sufren desgaste continuo (frenos, embrague, neumáticos).
- Nivel 3: Cambio estándar de elementos (Piezas y accesorios).
- Nivel 4: Reparación de componentes (Marchas, alternadores, radiador).
- Nivel 5: Reparación del tren motriz (motor, caja de velocidades y diferencial).
- Nivel 6: Reparaciones especializadas (Aire acondicionado).
- Nivel 7: Hojalatería.
- Nivel 8: Pintura.
- Nivel 9: Reconstrucción.

Desde luego, cada empresa puede adaptar a este modelo a sus propios requisitos. El mayor interés de este desglose es que permite, determinar el nivel de competitividad del taller externo y taller interno de la empresa (Maldonado, 2009). Para efectos de este proyecto se tomara en cuenta el nivel cero y el nivel 1. El nivel cero será realizado bajo un Check-List; el nivel 1 será tomado de acuerdo a la tabla 25:

Tabla 25. Tipos de Mantenimiento Preventivo Vehicular.

TIPO DE MANTENIMIENTO	ACTIVIDAD A REALIZAR	Tiempo
A	Check-List	Diario
B	Cambio de filtro de aire	De acuerdo a especificaciones de proveedor.
	Cambio de filtro de aceite	
	Cambio de filtro de combustible	
C	Cambio de filtro de aire	De acuerdo a especificaciones de proveedor.
	Cambio de filtro de aceite	
	Cambio de filtro de combustible	
	Cambio de filtro de dirección	
	Cambio de filtro de diferencial	

Fuente: Elaboración Propia con Información de (Maldonado, 2009).

4.5. METODOLOGIA PDCA POR SUS SIGLAS EN INGLÉS, PLANEAR, HACER, CHECAR, ACTUAR.

El ciclo PDCA (Plan; Planificar, Do; Hacer, Check; Comprobar, Act; actuar) también conocido como ciclo de SHEWHAR o Deming, fue introducido en Japón después de la segunda guerra mundial, ha sido utilizado como una metodología de mejora continua aplicándose a todo tipo de situaciones. (Daychouw, 2007) En este ciclo: Planificación: Se toma conciencia de la situación actual real mediante la obtención y análisis de datos. En base a estos planificar un plan de mejora; Realización: Los operarios son los responsables de llevar a la práctica el plan de mejora; Comprobación: Los inspectores de la organización comprueban si las acciones de mejora permiten analizar los objetivos planificados; Acción: La dirección analiza los resultados, tomando medidas para implementar los programas que han conseguido los objetivos planificados haciendo que las mejoras sean permanentes y tomando acciones correctoras en caso de que los resultados fueran no satisfactorios (Vilar, 1997).

El objetivo del ciclo PDCA se dirige a los procesos, por ejemplo mejora la interpretación cliente proveedor, genera sinergias interdepartamentales y predispone y desarrolla las actitudes y habilidades en el manejo de técnicas de gestión en departamentos autónomos o departamentales (Martínez, 2003).

En la Figura 22 se puede observar las diferentes herramientas que se utilizan en la implementación de la metodología PDCA por ejemplo en la planeación se utiliza un diagrama de Gantt en el cual por medio de este se presenta los tiempos en los cuales se llevara a cabo el proyecto; otro claro ejemplo es el diagrama de Ishikawa en el cual se pueden obtener las causas por las cuales se origina un problema en concreto. Del mismo modo cada uno de los pasos de la metodología PDCA requiere de la ayuda de herramientas para su implementación.



Figura 22. Metodología PDCA y herramientas para la implementación.

Fuente: Elaboración propia con información de (Vilar, 1997), (Martínez, 2003), (Daychouw, 2007).

4.6. DESCRIPCIÓN DEL METODO

En este apartado por medio de un diagrama de flujo se estableció los pasos por los cuales se implementó este proyecto dándole así una secuencia para no generar reprocesos, tiempos muertos, etc. Este diagrama de flujo también incluye los documentos que se necesitan para realizar ese paso por ejemplo; para poder tener la información de manera más accesible de las características de las unidades se necesitó recabar la información dentro de la factura, así como tarjeta de circulación y otros datos relevantes. Con ello se pudo lograr una base de datos completa, que reducía tiempos muertos y facilitaba el registro de cada uno de las unidades. El diagrama se muestra en la Figura 23.

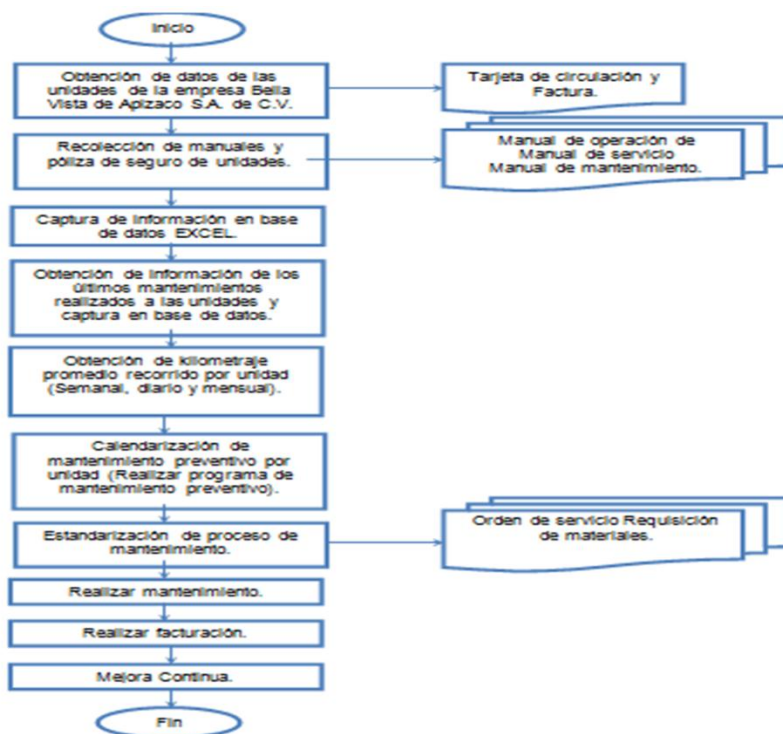


Figura 23. Diagrama de flujo desarrollo de proyecto.
Fuente: Elaboración Propia

4.7. OBTENCIÓN DE DATOS DE LAS UNIDADES DE LA EMPRESA BELLA VISTA DE APIZACO S.A. DE C.V.

De acuerdo a la metodología PDCA que se utilizó para la implementación de este proyecto, el primer paso, fue planear lo cual implicaba conocer cuáles son los problemas en la empresa Bella Vista de Apizaco S.A. de C.V. Como herramienta para la detección de los problemas se realizó un diagrama de Ishikawa con el cual se pudo identificar diferentes problemas dentro de la empresa y parque vehicular con la que esta cuenta. El diagrama se presenta a continuación en la Figura 24.

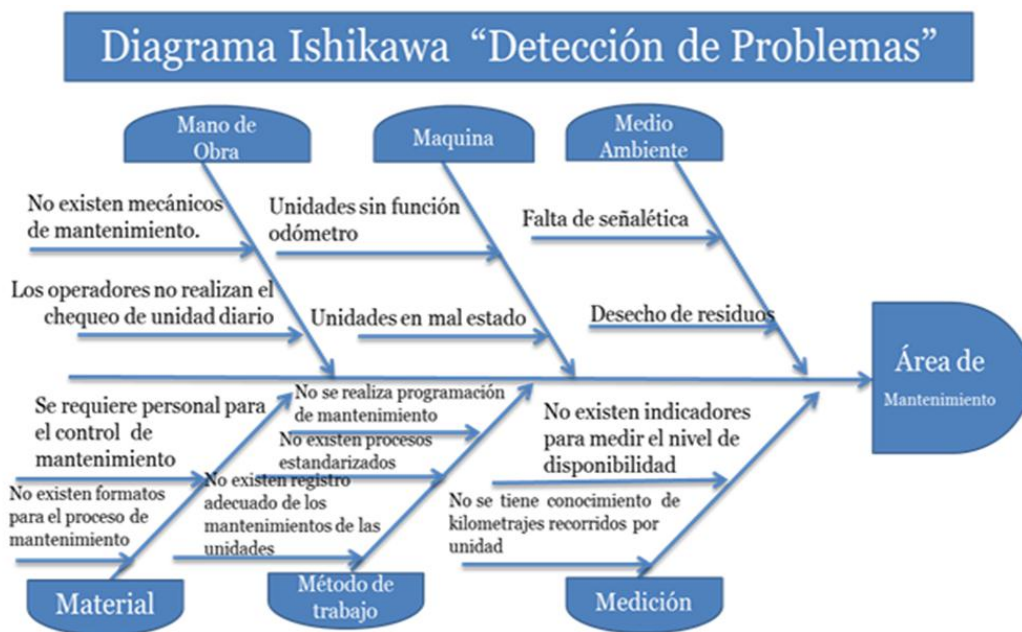


Figura 24. Diagrama Ishikawa detección de problemas del área de mantenimiento.
Fuente: Elaboración propia.

En el diagrama se observa los problemas detectados de acuerdo a las 6M, como se muestra en cada una de las vértebras. En medio ambiente se encuentra la falta de señalética dentro de las instalaciones, así como el desecho de residuos en un lugar no apto; en maquinaria se detectan algunas unidades en mal estado, que van desde amortiguadores hasta neumáticos totalmente desgastados; en mano de obra no se realiza el Check-list diario correspondiente por parte de los operadores a cargo; en material no existen el suficiente personal para el control de mantenimiento de todo el parque vehicular además de la falta de formatos para el control; en método no se lleva la programación del mantenimiento preventivo de cada una de las unidades y por último en medición no existe ningún tipo de indicador para medir la disponibilidad de las unidades.

Fue necesario saber el número de unidades con las que contaba la flota vehicular de la empresa Bella Vista de Apizaco S.A. de C.V; por tal motivo se realizó la búsqueda de información de cada una de las unidades para así crear un expediente de unidad, el cual consiste en dar seguimiento a la unidad para poder hacer que se realice el trabajo del área de mantenimiento; registrando las fallas y anomalías que se detecten en las unidades.

Todo esto como una herramienta para el control. Se recabo información de las unidades obteniendo los datos más relevantes, tales como el número total de estas, número económico, tipo de unidad, cilindraje, NIV (Número de Identificación Vehicular), número de pasajeros, tipo de combustible y ruta asignada. Posteriormente el gerente de mantenimiento me proporciono tarjetas de circulación y facturas de cada una de las unidades en las cuales se encontraban datos como marca, tipo, número de motor, año, placas del vehículo etc.

FORMATO DE MANTENIMIENTO BELLA VISTA DE APIZACO S.A. DE C.V.

Este formato es utilizado para realizar el mantenimiento de cada una de las unidades, en donde en la parte superior el gerente de mantenimiento especificara el tipo de mantenimiento a realizar, así como los materiales que se utilizaran. En la parte inferior se indicara el mantenimiento que la agencia o taller mecánico realizo, la fecha y hora de inicio y termino, así como el tiempo en que se realizó el mantenimiento, y las firmas correspondientes.

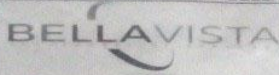
FORMATO DE MANTENIMIENTO BELLA VISTA DE APIZACO S.A. DE C.V.			
		OM-U	
		Fecha: 16/12/16	
ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO			
Número de Orden: 001		Fecha y Hora de Solicitud: 16/12/2016	
Número Económico de la unidad: VWI		Solicitado Por: J. R. Hernández	
Tipo de Trabajo a Ejecutar		NIV de la Unidad: 3HNVS20200800206	
Tipo de Mantenimiento		Tipo de Mantenimiento	
Mecánico: ☒	Eléctrico: ☐	Otro: ☐	Correctivo: ☐ Preventivo: ☒
Trabajo Solicitado			
- Cambio de Filtro Aceite			
- Cambio de Aceite			
(Datos para llenado por responsable de Mantenimiento)			
Trabajo Ejecutado			
- Cambio de Filtro Aceite			
- Cambio de Aceite			
Recursos Necesarios			
Mano de Obra		Materiales y Repuestos	
Cantidad	Descripción	Cantidad	Descripción
1	Mecánico	1 pz	Filtro de Aceite
		1 pz	Filtro de Combustible
		1 pz	Filtro de Aceite
		13 us	Aceite 15W40
Observaciones		Hora y Fecha de Inicio del Mantenimiento: 16/12/2016	
Kilometraje Actual: 231454.6		Hora y Fecha de Culminación del Mantenimiento: 16/12/2016	
		Tiempo de Ejecución del Trabajo: 3 hrs	
Nombre y Firma del Encargado de Mantenimiento:		Nombre y Firma de Operador Responsable:	Nombre y Firma de Personal que Realiza Mantenimiento
			
DOCUMENTO PARA USO EXCLUSIVO DE BELLA VISTA DE APIZACO S.A. DE C.V.			
FORMATO DE MANTENIMIENTO UNIDAD		OT-U Pag 1 de 1	

Figura 25. Evidencia de formato de mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia.

FORMATO CHECK- LIST

El formato que se presenta a continuación es el check-list, donde el operador anotara los puntos que revisara en la unidad, anotara con una paloma si el parámetro está bien y con una x si el parámetro está mal, todos los días de la semana; el encargado de mantenimiento tiene como tarea, revisar este formato una vez terminada la semana, para verificar que el operador este realizando el chek-list. El chek-list diario puede ayudarlo a deslindar responsabilidad por el mal uso de la unidad. El formato se presenta a continuación en la imagen:

BELLAVISTA		Checklist de Inspección diaria de vehículo		CH-U				
FECHA								
MARCA	Año	PASAJEROS	NUMERO ECONOMICO					
Nombre del conductor								
Que se debe chequear antes de manejar el vehículo		SEMANA						
		L	M	M	J	V	S	D
Chequear nivel de combustible		/	/	/	/	/	/	/
Chequear presencia de fugas de fluidos: aceite de motor, aceite de caja, combustible, refrigerante		/	/	/	/	/	/	/
Nivel De aceite de motor		/	/	/	/	/	/	/
Nivel de liga de freno		X	X	/	/	/	/	/
Nivel de agua/refrigerante		/	/	/	/	/	/	/
Líquido de limpia parabrisas		/	/	/	/	/	/	/
Asientos, ajuste y control		/	/	/	/	/	/	/
Cinturón de seguridad. Revisar todos		/	/	/	/	/	/	/
Freno de mano, probar con pequeña aceleración		/	/	/	/	/	/	/
Freno de pedal, probar con arranque suave		/	/	/	/	/	/	/
Embrague y caja de cambios		/	/	/	/	/	/	/
Espejos, limpieza y ajuste		/	/	/	/	/	/	/
Puertas y seguros de puertas		/	/	/	/	/	/	/
Dirección, probar suavemente		/	/	/	/	/	X	X
Verificar correcto funcionamiento de Luces, frontales, traseras, de frenos, cruce, placa		/	/	/	/	/	/	/
Revisión de indicadores de tablero, aceite, voltaje, temperatura		/	/	/	/	/	/	/
Revisar funcionamiento de la Bocina/Corneta		/	/	/	/	/	/	/
Sistema hidráulico, revisar presencia de fugas		/	/	/	/	/	/	/
Verificar condición de la batería, indicador de carga, cables, bornes		/	/	/	/	/	/	/
Inspección visual de los neumáticos, desgaste anormal, falta depresión de aire		/	/	/	/	/	/	/
Inspección de detalles en la carrocería: abolladuras, rayas, reporte los defectos		/	/	/	/	/	/	/
Limpiar y chequear parabrisas, reportar excesivas fracturas, roturas e impactos		/	/	/	/	/	/	/
Después de encender el motor, escuche con atención para detectar sonidos anormales de mecanismos y correas		/	/	/	/	/	/	/
Cuando arranque el vehículo, aplique los frenos a baja velocidad para verificar el correcto funcionamiento de los mismos		/	/	/	/	/	/	/
Fallas de vehículo deben ser reportadas de inmediato								
Observaciones: El nivel de agua de freno es bajo y la dirección a la derecha es más de lo normal.								
REVISÓ: <i>[Firma]</i>								

Figura 26. Check-list Bella Vista S.A. de C.V.
Fuente: Elaboración propia.

REALIZAR MANTENIMIENTO

Se llevó a cabo la capacitación del personal y los operadores conforme a el procedimiento planteado, al final de la capacitación se le pidió al operador que anotara su nombre y firma de haber recibido la capacitación, este fue un requisito planteado ya que en caso de alguna auditoria, esta firma fue signo de que han sido capacitados. Complementariamente se realizó el mantenimiento basado en el programa, se realizó conforme al procedimiento establecido y con los formatos correspondientes. Lo más importante de establecer procedimientos es la aplicación constante de este así como la capacitación del personal para la colaboración del cumplimiento de estos.

REALIZAR FACTURACIÓN

Una vez realizado algún mantenimiento preventivo o correctivo se procede a efectuar con el pago a la agencia o taller mecánico que realizó dicho mantenimiento ya sea por transferencia bancaria o pago en efectivo, el cual posteriormente se facturara a nombre de la empresa Bella Vista de Apizaco S.A. de C.V; ya que si es el caso será deducible de impuestos.

Es de suma importancia realizar este paso pues este traerá beneficios a la empresa, como evitar problemas con hacienda, al mismo tiempo la factura se requerirá en el expediente de la unidad para comprobar el mantenimiento que se la realizado. Esto con el fin de complementar el historial de mantenimientos por unidad.

4.8 RESUMEN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos con este proyecto fueron exitosos, pues alcanzaron todos los objetivos propuestos al inicio del proyecto, puesto que se logró establecer un programa de mantenimiento preventivo, así como el procedimiento para el mantenimiento de las unidades y los formatos que el procedimiento con lleva para todas las unidades existentes dentro de la empresa además de aplicar el manual al 62% de las unidades y capacitar a todo el personal administrativo y operadores. Al mismo tiempo mejorar la disponibilidad de las unidades para el cumplimiento del servicio en este caso el mantenimiento preventivo.

Otro beneficio importante que se logró con este proyecto es la creación de un expediente por unidad y que gracias a la estandarización de los planes de mantenimiento se puede cumplir con la demanda de servicio que los clientes exijan de aquí la importancia que a las nuevas unidades y operadores se les capacite bajo estos procedimientos.

La empresa está creciendo debido al incremento de la demanda de los clientes, por ello se debe tener un mejor control de las unidades y realizar los mantenimientos adecuados propuestos por el proveedor y así lograr mantener las unidades en buen estado, disponible y confiables ayudado con los planes de mantenimiento implementados en este proyecto.

4.9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Creus, A. S. (2005). Fiabilidad y Seguridad su Aplicación en Procesos Industriales (Segunda ed.). (M. M. Ruth, Ed.) España: Marcombo.

Daychouw, M. (2007). 40 Ferramentas e Tecnicas de Gerenciamiento (Tercera ed.). Brazil: BRASPORT.

Martínez, J. R. (2003). Guía Metodológica para la Gestión Clínica por Procesos. Madrid, España: Ediones Díaz de Santos S.A.

Rodríguez, J. E., & Hernández, J. D. (2016). MANUAL DE PROCEDIMIENTOS. MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA EL CONTROL, USO Y MANTENIMIENTO DE LAS UNIDADES DE BELLA VISTA DE APIZACO S.A. DE C.V. Apizaco, Tlaxcala, México.

SEGOB. (1 de Junio de 2011). Diario Oficial de la Federación. Obtenido de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5198977&fecha=01%2F07%2F2011

Tavares, L. (1996). Administración Moderna de Mantenimiento (Primera ed.). Rio de Janeiro, Brasil: Novo Polo Publicaciones.

Vilar, J. F. (1997). Las Siete Nuevas Herramientas Para la Mejora de la Calidad (Segunda ed.). Madrid, España: Fundación Confederal

CONCLUSIONES

Para que las empresas mantengan su competitividad, es necesario definir técnicas y metodologías que permitan definir las políticas de control de inventarios de productos terminados a lo largo de la cadena de suministros, considerando la naturaleza aleatoria de la demanda de los tiempos de suministro entre las etapas de la cadena. A pesar de que actualmente existe una gran diversidad de modelos y métodos para dar soporte las decisiones del sistema de inventarios, no existe una metodología unificada que brinde dicho soporte, específicamente en el contexto de los productos de los casos de estudio presentados. De acuerdo a los modelos clásicos referente a las tendencias de modelación en la aleatoriedad de la demanda, se tiene una mayor aplicación práctica en las metodologías de estimación mediante el análisis de series de tiempo, sistemas de pronósticos y los modelos por lote de pedido. La implementación de modelos sencillos de y técnicas de control de la demanda en las empresas de estudio arrojaron resultados de mejoramiento imprescindible, evidenciando la utilidad de los métodos y las oportunidades que existen en la comercialización de productos en el sector industrial, donde la modelación de la aleatoriedad de fenómenos como la demanda y los tiempos de reposición han sido trabajados exitosamente, con modelos estadísticos sencillos que asumen variables aleatorias independientes creando nuevas funciones de probabilidad para el fenómeno, dependiendo del contexto de operación teniendo un buen desarrollo, y que a su vez la programación de los requerimientos de los productos y materiales en los distintos ambientes de producción y comercialización cuentan con una serie de técnicas para definir el control de la demanda, especialmente mediante métodos probabilísticos y determinísticos. En los modelos aplicados resuelven de manera práctica el problema de estimación de políticas de control centrándose en la búsqueda de un óptimo en cada una de los casos de estudio. Sin embargo el mejoramiento encontrado en los módulos que forman el sistema de inventarios y la utilización conjunta de técnicas y modelos generaron mejoramientos significativos especialmente en aquellas que no manejan ninguna herramienta de control, integrando aleatoriedad de la demanda y los tiempos de reposición, la determinación de inventarios de seguridad, la localización de inventarios y la diversidad y la complejidad que se alcanza cuando se consideran múltiples ítems de diversas características fueron los resultados obtenidos en los casos prácticos expuestos.

En el apartado de anexos presenta el resumen de cada artículo de acuerdo a la revista científica de su publicación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aggelogiannaki, E. & H. Sarimveis. (2008). "Design of a novel adaptive inventory control system based on the online identification of lead time", *International Journal of Production Economics*. Publisher: Elsevier. [en línea]. 2008, Vol. 2 (114): 81-792. [fecha de consulta 24 abril 2018] ISSN: 09255273. Disponible en: <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-dafdc32f-ee90-3e49-b48b-d8a9d9cd58aa>
2. Baily, P.J.H. (1991). *Administración de compras y abastecimientos*. México: Continental.
3. Cepeda, O., Jiménez, L. Modelo de control óptimo para el sistema Producción Inventarios. *Revista Ingeniería Industrial Actualidad y Nuevas tendencias*. [en línea]. 2016, Vol. 16: 35-44 [fecha de consulta 23 abril 2018]. ISSN 1856-8327. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=21504880500>
4. Chase, R., y otros. (2005). *Administración de la producción y operaciones*. México: McGraw-Hill.
5. Chiavenato, I. (1993). *Iniciación a la administración de materiales*. México: McGraw-Hill.
6. CLM, 1998, citado en Stock y Lambert, 2001 p. 57. Texto completo en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/docum entos/lad/garcia_m_f/capitulo2.pdf
7. Duque, M.; Osorio, J.; Agudelo, D. (2010). Los inventarios en las empresas manufactureras, su tratamiento y su valoración. Una mirada desde la contabilidad de costos. *Contaduría Universidad de Antioquia*, 56, 61-79. Recuperado de: <https://aprendeonline.udea.edu.co/revistas/index.php/cont/article/viewFile/14693/12846>
8. Durán, Y. Administración del inventario: elemento clave para la optimización de las utilidades en las empresas. *Visión Gerencial*. [en línea]. 2012, núm. 1, pp. 55-78 [fecha de consulta 21 Abril 2018]. ISSN 1317-8822. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=465545892008>
9. Ehrhardt, m. y brigham, E. (2007). *Finanzas corporativas*. Segunda edición. México: Editorial Thomson.
10. Hansen y Mowen. (2003). *Administración de costos. Contabilidad y control*. 3ª. Ed. México: Internacional Thomson editores.
11. Heizer, J. Barry, R. (2001). *Dirección de la producción. Decisiones tácticas* 6ª. Ed. España: Pearson Educación.
12. Horngren, CH., G. Foster y S. Datar (2002). *Contabilidad de costos. Un enfoque gerencial*. 10a. ed. México: Pearson Educación.
13. Kanet, J.J., Gorman, M.F., y StoBlëin, M. "Dynamic planned safety stocks in supply networks", en *International Journal of Production Research*. [en línea]. 2010, Vol. 48 (22): 6859-6880 [fecha consultada 24 abril 2018]. Disponible en:

14. Krajewski, L. y Larry Ritzman. (2000). *Administración de operaciones: estrategia y análisis*. México, DF: Prentice Hall.
15. Meigs, R.F., y otros. (2002). *Contabilidad, la base para la toma de decisiones comerciales*. Bogotá: Editorial McGraw-Hill.
16. Osorio, A. (2007). *Control y evaluación de inventarios en tiendas de autoservicio*. (Tesina de pregrado). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Económicas Administrativas. Disponible en: <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/handle/231104/554>
17. Sucky, Eric. Inventory management in supply chains: A bargaining problem. *International Journal of Production Economics* [en línea]. 2005, Vol. 93: pp. 253-252. [fecha de consulta 24 Abril 2018]. Disponible en: www.docentes.unal.edu.co/wadarmej/docs/.../sucky2.pdf
18. Pinzón G., I. (2008). “*Propuesta metodológica para el mejoramiento del proceso de inventarios en una empresa de confección*”. Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Administrador, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín, 87p.
19. Pinzón G., Isarín; Pérez O., Giovanni et. al. Mejoramiento en la gestión de inventarios. Propuesta metodológica. *Revista Universidad EAFIT* [en línea]. 2010, vol. 46, núm. 160. pp. 9-21. [fecha de consulta 23 Abril 2018]. Disponible en: <http://www.redalyc.org:9081/home.jsp?cid=233025>
20. Velázquez, L. (2012). *Elaboración de una cédula como instrumento de gestión de Inventario*. (Tesina de pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Disponible en: https://www.zaragoza.unam.mx/portal/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/qfb/tesis/tesis_velazquez_gomez_lorena.pdf
21. Vidal, C. (2010). *Fundamentos de control y gestión de inventarios* / Carlos Julio Vidal Holguín. Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del Valle.
22. W. Jammerneegg and P. Kischka. (2008). *Risk Preferences and robust inventory decisions*. *International Journal of Production Economics*. DOI: 10.1016/j.ijpe.2008.08.023.

ANEXOS



Gestión de inventario a través de Push & Pull e Inventario Manejado por el
Proveedor - en Productos RI SA, S.A. de C.V.

Logística y Dirección de
la Cadena de
Suministro
Gestión de inventario

Luis Palacios García, Lizbeth Flores Miranda, Raúl Álvarez Vargas, Arturo
Contreras Juárez

GESTIÓN DE INVENTARIO A TRAVÉS DE PUSH & PULL E INVENTARIO MANEJADO POR EL PROVEEDOR – EN PRODUCTOS RISA, S.A. DE C.V.

Luis Palacios-García, Lizbeth Flores-Miranda, Raúl Álvarez-Vargas, Arturo Contreras-Juárez, Diana Sánchez-Partida, José Luis
Martínez-Flores

Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, 21 Sur 1103, Puebla, México, 72410.
Tfno.+52 2222299400. luis.palacios01@upaep.edu.mx

Recibido: 14/feb/2015 - Aceptado: 8/jul/2015 - DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/MN7565>

INVENTORY MANAGEMENT THROUGH PUSH & PULL AND VENDOR MANAGEMENT INVENTORY– CASE OF STUDY: RI SA PRODUCTS

ABSTRACT: The inventories management is a key element, which must be incorporated to any organizations regardless of its size, with the main objective of optimizing profitability. For this purpose it is important that the inventory management is an observed guideline by the administrative and operational staff. This study was conducted in RI SA Products, which is a Mexican SME (Small and Medium Enterprises) company dedicated to the production of candy. When analyzing the company's context, no financial strategy implementation and inventory management systems were found. Therefore the ABC classification was used to delimit the study area and also to review the behavior and pattern of demand. Likewise, a seasonal behavior was detected, resulting in 45% of the products being deterministic and the remainder probabilistic, based on the sales balance sheets from 2011 to 2014. As a result of the analysis, the usage of Economic order quantity (EOQ) and continuous and transit inventory review models was determined. The main objective is to propose and to incorporate the inventory management, the Pull & Push production scheme and the Vendor Management Inventory (VMI).

Key Words- *q, R model, EOQ model, push & pull systems, VMI.*

RESUMEN: La gestión de inventarios es un elemento clave el cual deben incorporar las Organizaciones independientemente de su tamaño, con el objetivo de optimizar la rentabilidad. Para ello es importante que la gestión de inventarios sea una directriz a observar tanto por el personal administrativo como operativo. Este caso de estudio se realizó en la empresa Productos RI SA, S.A. de C.V., dedicada a la elaboración de dulces y clasificada como mediana dentro del rubro de las Pequeñas y Medianas empresas en México. Al analizar el contexto de la empresa se detectó que no tiene implementadas estrategias financieras y sistemas de control de inventarios Por lo cual se utilizó la clasificación ABC para delimitar el área de estudio; analizando también el comportamiento y patrón de la demanda. Así mismo se detectó un comportamiento estacional, siendo un 45% de los productos determinísticos y el resto probabilísticos, basándose en la información de los balances de ventas del periodo 2011 al 2014. A consecuencia de este análisis, se determinó emplear los modelos de cantidad económica de pedido (EOQ), revisión continua e inventarios en tránsito. El objetivo es proponer e incorporar la gestión de inventarios y un esquema de producción Push & Pull y Vendor Management Inventory (VMI).

Palabras clave: *modelo q,R, modelo EOQ, sistemas de producción pull y push, VMI.*



Caso de estudio

Análisis de series de tiempo en el pronóstico de la demanda de almacenamiento de productos perecederos

Arturo Contreras Juárez^{a,*}, Catya Atziry Zuñiga^b, José Luis Martínez Flores^c y Diana Sánchez Partida^d^a Estudiante, Doctorado en Logística y Dirección de la Cadena de Suministros, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, Puebla, México^b Profesora-investigadora, Departamento de Posgrados, Universidad Aeronáutica en Querétaro, Querétaro, México^c Investigador nacional nivel I, Sistema Nacional de Investigadores del CONACyT, Puebla, México^d Profesora-investigadora, Posgrado en Logística y Dirección de la Cadena de Suministro, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, Puebla, México

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 15 de agosto de 2016

Aceptado el 17 de noviembre de 2016

On-line el 8 de diciembre de 2016

Códigos JEL:

L15

L23

L25

Palabras clave:

Almacenamiento

Cadena de frío

Pronósticos

Series de tiempo

Productos perecederos

RESUMEN

Los pronósticos son una herramienta que proporciona un estimado cuantitativo de la probabilidad de eventos futuros. La relevancia de incorporar pronósticos en la demanda de almacenamiento en productos perecederos dentro de la cadena de frío deriva de su importancia económica y social. Este caso de estudio presenta una empresa con tendencia de crecimiento dedicada al almacenamiento de productos perecederos e incorpora técnicas de pronósticos de series de tiempo, en el volumen de ingreso y egreso de los productos en una cámara frigorífica, con el fin de estimar el volumen de almacenamiento para prever los requerimientos de instalaciones adicionales, personal y materiales necesarios para la movilidad de los productos.

© 2016 Universidad ICESI. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Analysis of time-series on the forecast of the demand of storage of perishable products

ABSTRACT

The forecasts are a tool that provide an estimated quantitative of the probability that future events occur. The relevancy of incorporating forecasts in the demand of storage in perishable products inside the cold chain, drifts of both its economic and social importance. This case of study presents a company with growth trend devoted to the storage of perishable products, and identifies that the applied forecasts nowadays do not contemplate methodological technologies. The present article incorporates technologies of forecasts of time-series in the volume of revenue and expenditure in a cold-storage room, in order to estimate the volume of storage to foresee the requirements of personnel and materials needed for the mobility of the products.

© 2016 Universidad ICESI. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

JEL classification:

L15

L23

L25

Keywords:

Storage

Cold chain

Forecasts

Time-series

Perishable products

* Autor para correspondencia. 21 Sur 1103, CP 72410 Puebla, México.
Correo electrónico: arturo.contreras@upaep.edu.mx (A. Contreras Juárez).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.estger.2016.11.002>

0123-5923/© 2016 Universidad ICESI. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Chile, Concepción JUNIO 2018

Estimados Autores

Se cursa informe sobre la decisión arbitral del trabajo de investigación

RII2017- 00025-1: Gestión de políticas de Inventario en el almacenamiento de materiales de acero para la construcción

DECISIÓN ARBITRAL: ACEPTADO, despues de correcciones

EVALUACIÓN EXAMINADORES:

Se indican solo los aspectos que no se han cumplido desde el punto de vista técnico y de estructuración de artículo científico, a juicio de los expertos y considerando los delineamientos de la revista.

Criterio 6: De los Resultados y Discusiones
Contrastar las observaciones obtenidas por otros autores en trabajos relacionados. Este punto podría estar contenido en la sección Discusiones. Cautele para ellos uso de revistas arbitradas
Criterio 8: Tablas y gráficos
Deben estar citadas en el texto y listadas en orden correlativo

Les saluda atentamente.,

Linette Salvo S.

Editora Técnica



CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN DE ACADEMIA JOURNALS.COM, CELAYA 2017

OTORGAN EL PRESENTE

CERTIFICADO

A

MTRO. ARTURO CONTRERAS JUÁREZ
JUAN DAVID HERNÁNDEZ GONZÁLEZ
DRA. CATYA ATZIRY ZÚÑIGA
DR. JOSÉ LUIS MARTÍNEZ FLORES

POR SU PARTICIPACIÓN CON LA PONENCIA TITULADA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE
MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE AUTOMÓVILES EN LA
EMPRESA BELLA VISTA DE APIZACO S.A. DE C.V

PUBLICADA EN EL PORTAL DE INTERNET

CELAYA.ACADEMIJOURNALS.COM

VOLUMEN ONLINE CON ISSN 1946-5351 VOL. 9, No. 6, 2017

E INDIZACIÓN EN FUENTE ACADÉMICA PLUS (EBSCO) Y

LIBRO DIGITAL EBOOK CON ISBN 978-1-939982-32-2, ONLINE.

LA CUAL FUE PRESENTADA EN EL

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO EN CELAYA

LOS DÍAS 8, 9 Y 10 DE NOVIEMBRE DE 2017, CELAYA, GUANAJUATO, MÉXICO.

DR. RAFAEL MORAS
EDITOR, ACADEMIJOURNALS.COM
PROFESOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y ADMINISTRATIVA
ST. MARY'S UNIVERSITY, SAN ANTONIO, TX. EEUU

ING. ALEJANDRO ALVAREZ BARCENAS
COORDINADOR GENERAL DEL
CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN
ACADEMIA JOURNALS, CELAYA 2017

N° 4228



Cel0201