

Trabajo de grado en modalidad de aplicación

## [193010] Diseño de una herramienta aplicativa basada en la metodología DDMRP y estimación de la demanda para soportar decisiones logísticas en la empresa Colarnicos.

Camilo Benjumea Medina<sup>a,c</sup>, Manuela Carreño Escobar <sup>a,c</sup>,  
Claudia Consuegra Peñaloza<sup>a,c</sup>, María Camila Torrenegra Franco <sup>a,c</sup>,

Iván Poveda Gonzalez <sup>b,c</sup>

<sup>a</sup>Estudiante de Ingeniería Industrial

<sup>b</sup>Profesor, Director del Proyecto de Grado, Departamento de Ingeniería Industrial

<sup>c</sup>Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia

---

### Resumen de diseño en ingeniería

Colarnicos does not apply any methodology to support its logistics decisions related to demand planning and inventory management, incurring constantly high stocks levels affecting its operational costs. Therefore, this paper proposes the development of an excel tool that combines demand estimation methods and DDMRP methodology in order to use the solutions obtained to support the company's decision-making related to the outgoing inventories, allowing it to respond quickly to the variable demand behavior through the establishment of buffers. [Several demand replicas were generated in order to use this information to plan the inventories in a defined timeline through heuristics.](#) A comparison [between](#) inventory policies and the DDMRP methodology [was made](#) in order to analyze the results and evaluate the impact on the leverage of the company's future expansion.

The proposed tool contains programming throughout buttons to calculate the demand forecasting [parameters and proposes four different forecasting methods such as winters multiplicative, winters additive](#), double exponential smoothing [and](#) the simple moving average method by implementing scenarios with different parameters. This excel tool includes Solver optimizer on the calculation of the demand forecasting in order to find the optimal smoothing parameters and also by the establishment of buffers to reach the inventory policy defined. The results obtained by the proposed tool were evaluated through the comparison of management indicators.

It is evident the impact of the proposed tool on the accumulated savings, demonstrating that the tool manages to reduce the costs of inventory management in a total of [\\$413.558.216 in finished products](#). On the other hand, it is evident from the behavior of the buffers that the proposed methodology adjusts precisely to the inventory estimated, allowing inventory levels designated by the green and yellow buffer to be able to respond to demand variation.

Key words: *Cold supply chain, forecasting methods, inventory policies, DDMRP methodology, Buffer establishment.*

---

### 1. Justificación y planteamiento del problema

La globalización es un estado de la economía donde las pequeñas, medianas y grandes empresas deben entender las necesidades de expansión de sus mercados de forma que puedan sobrepasar sus fronteras nacionales y entender oportunidades de expansión general. Colombia se caracteriza por ser es un país donde el desarrollo de su economía es fuertemente afectado por la participación de las Pymes, donde pocas desarrollan un interés de crecimiento. El impacto de estas representa un papel fundamental dentro del desarrollo económico del país, pues se consideran una fuente importante de generación de trabajo al representar el 80.8% del empleo de Colombia y generar una alta contribución sobre el PIB (Dinero, 2016)

Para enfrentar los cambios o desafíos y generar un provecho de la globalización, las Pymes deben poseer estrategias de coordinación efectivas y de capacidad de respuesta rápida, con el fin de generar un equilibrio exitoso entre los agentes que pertenecen a la cadena de suministro (Kumar & Kumar Singh, 2017). Teniendo en cuenta lo anterior, es un factor importante que este tipo de empresas en Colombia logren identificar sus debilidades en la gestión logística, para aportar a su propio crecimiento y consecuentemente al del país, por lo tanto, es importante reconocerlas frente al abastecimiento, producción, logística de salida y formulación de estrategias logísticas para alcanzar mercados regionales, nacionales e internacionales (Mazo A, 2011).

Autores como Ballou (2004) y Olivos, Carrasco, Flores, Moreno, & Nava, (2015) expresan que la logística desempeña un rol importante dentro de la administración de materiales e información dentro del proceso logístico. Por consiguiente, es importante que estas empresas cuenten con aplicaciones que les permitan un mejor desarrollo en sus operaciones logísticas como las mencionadas anteriormente. Una planeación correcta y concisa según las necesidades de la empresa, comenzando desde el diseño básico hasta la implementación y alineación con la estrategia de la organización, le proporcionará a la empresa una competitividad empresarial con relación a otras empresas de su sector (Kherbach & Mocan, 2016).

Al tratarse de productos alimenticios es necesaria una relación directa con una cadena de suministro en frío (CSCM), ya que el incremento en la demanda debido al desarrollo de la economía exige productos frescos y de calidad (Xu, Gong & Bai, 2018). La CSCM se conoce como una variación de la cadena de suministro original, con procesos como congelación y refrigeración, seguidamente del proceso de embalaje que se redirige a la cámara frigorífica y finalmente al transporte necesario para que el producto llegue al consumidor final (Raut, Gardas, Narwane, & Narkhede, 2019).

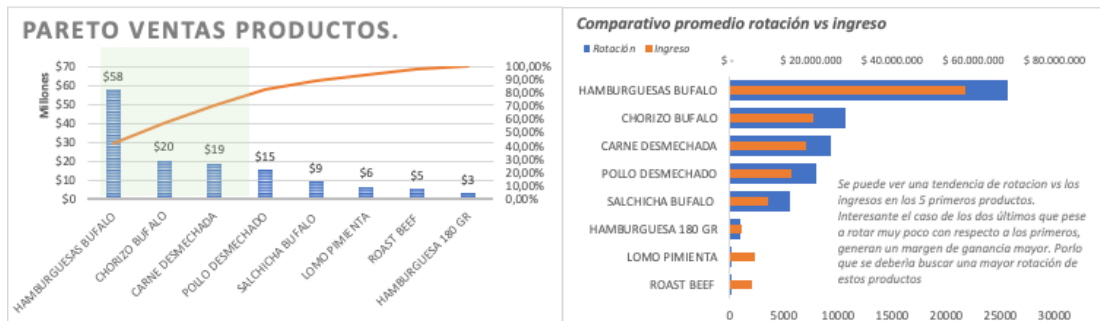
Se evidencia que uno de los problemas más críticos para garantizar la calidad de los productos perecederos como los cárnicos es la supervisión de la temperatura en toda la cadena de frío, donde el control frecuente y monitoreo adecuado es fundamental para reducir pérdidas causadas por la variación de las condiciones térmicas (Thakur & Forås, 2015). Es por esto por lo que la CSCM debe estar en constante mejoramiento en todos sus procesos donde la gestión exitosa de algunos de ellos será clave para el cumplimiento del objetivo principal que esta propone (Raut, et al, 2019).

Colarnicos es una empresa productora de productos cárnicos con reciente inicio en la industria, pero con crecimiento acelerado gracias a una estrategia agresiva de relacionamiento con restaurantes. Esta carece de una herramienta de gestión logística que integre los procesos vitales de la cadena de suministro, en los que no se llevan a cabo una buena planificación de demanda y gestión de inventarios. Además no cuenta con un modelo de costos establecido que les permita analizar sus operaciones desde el punto de vista financiero. Es importante que la herramienta pueda conglomerar los procesos logísticos mencionados y facilite a la empresa la toma de decisiones y así impactar de forma positiva la proyección tanto a nivel nacional como local de esta empresa, debido a que actualmente se da desde un criterio totalmente empírico.

Para evidenciar lo anterior, se toman como soportes los informes de cierre, el estado de resultados, el flujo de caja y el análisis de costos suministrados por la compañía que se muestran en el *Anexo 1. Soportes financieros Colarnicos* para realizar el análisis que permita identificar los productos que representen mayor aporte económico a la empresa. A partir de la información de las ventas consolidadas de los últimos meses, se genera un diagrama de Pareto que establece los tres principales productos que impactan significativamente en las ventas de la compañía, los cuales son: carne de hamburguesa de búfalo, chorizo de búfalo y carne desmechada obteniendo un porcentaje de 71,3% sobre el total de ingresos por ventas.

Teniendo en cuenta que la estimación mínima de la materia prima para producción y producto terminado en almacenamiento se realiza a través de métodos sin fundamentos y con base en la experiencia y empiricidad reflejan entonces, como resultado que el 92% corresponden a los costos operacionales sobre la utilidad bruta, determinando que la distribución, transporte y almacenamiento son las áreas que utilizan mayor cantidad de recursos económicos.

Al identificar las áreas de mejora, se espera reducir este porcentaje de costos con el desarrollo de este proyecto. La pérdida de dinero por mala planeación logística es la realidad actual que experimenta Colarnicos donde la gran preocupación demostrada por parte de la dirección de la empresa y los soportes financieros sustentan la hipótesis planteada, adjuntados en el *Anexo 1. Soportes financieros Colarnicos*, en donde además se encuentra el desarrollo del diagrama pareto elaborado.



Gráfica 1. Diagrama de Pareto, selección de productos.  
Elaboración propia

Gráfica 2. Comparativo promedio rotación vs ingreso.  
Elaboración propia

Es relevante identificar y cuantificar el producto en las áreas de interés para evidenciar brechas y oportunidades de mejora, debido a que la ausencia de planeación de demanda y mal manejo de inventarios toma gran cantidad de recursos innecesarios, al distribuir cantidades imprecisas a las unidades de negocio. Esta imprecisión conlleva a realizar viajes esporádicos no convencionales, incrementando costos de transporte, distribución e inventarios adicionales, donde la calidad del producto se puede ver afectada.

Problemas como la planeación de demanda y gestión de inventarios pueden ser abordados mediante técnicas derivadas de la optimización y la estadística descriptiva, métodos característicos de la ingeniería industrial, una disciplina que a través del tiempo ha surgido para el apoyo de actividades que requieren la combinación de la ingeniería y la gestión administrativa en la mayoría de los sectores en la industria. El aporte está enfocado en la mejora de procesos involucrados por ejemplo en la cadena de suministro, además de actividades de producción industrial, entre otras (Bilge & Severengiz, 2019).

Con el fin de mejorar la planeación, distribución y control de los inventarios y disminuir el impacto negativo de los eslabones con mayor participación dentro de los costos totales, este proyecto debe establecer un método de planeación estratégica y estructura logística, de manera que se pueda caracterizar la cadena de suministro de Colarnicos por medio de lo que dictamina el modelo SCOR. Además, se va a hacer un análisis del modelo actual de control de inventarios y método de abastecimiento que tienen mediante métodos como pueden ser MRP y EOQ.

El control de inventarios actual será llevado a cabo bajo el modelo de revisión periódica (S,T) debido a que esta se ajusta a las operaciones reales realizadas por la empresa. Este consiste en registrar las cantidades del inventario periódicamente con un tiempo establecido, generando la necesidad de tener un mayor nivel de inventario de seguridad en comparación con otras metodologías de revisión continua. (Martínez, Ordoñez y Martínez, 2019). Para esta política (S,T) el inventario se revisa cada T unidades de tiempo y se determina una cantidad máxima S, posteriormente se le resta la cantidad existente para así identificar el valor a ordenar (Vidal, 2010).

Adicionalmente se propone una herramienta aplicativa que estime la demanda a través de la comparación de diferentes métodos de pronóstico y permita la planeación a través de una metodología DDMRP. Cabe resaltar que esta metodología está basada en la demanda efectiva e impacta directamente en la planeación y ejecución de la CS. Este es un método tipo pull y se encuentra sincronizado a lo largo de toda la cadena y cuenta con completa visibilidad

de la misma. Esto implica que el DDMRP monitorea la demanda real y opera toda la cadena de suministro de forma integral. Adicionalmente, se establecen inventarios o “buffers” en distintos puntos y se generan órdenes de reposición sobre el consumo real de una empresa (Román, 2017).

De igual manera, la planeación de los productos terminados se ven estrechamente relacionados a la planeación de la materia prima, por lo tanto, se considera dentro de la planeación a las materias primas y se evidencia como la gestión acertada de los productos terminados influyen indirectamente sobre la planeación de las materias primas. Teniendo esto en cuenta, la planeación tanto para producto terminado como para las materias primas de cada producto según corresponda se realiza mediante las heurísticas propuestas por el MRP para calcular el costo total al final de la planeación, implementando el EOQ y la metodología propuesta para luego realizar comparaciones de resultados entre sí.

Dada la falta de registro de información por parte de la empresa, se asumen ciertos supuesto de los datos proporcionados y requeridos para el desarrollo del proyecto, por ejemplo, el comportamiento de la demanda y el tipo de política actual, los cuales son explicados a lo largo del documento.

De acuerdo a lo anterior, se espera que de igual forma el aplicativo propuesto, mediante el DDMRP, dé como resultado la información necesaria para una mejor gestión de los inventarios **de producto terminado** teniendo en cuenta el ajuste dinámico de los buffers. Así mismo, se pretende que la herramienta permita que el ASRLT (Actively Synchronized Replenishment Lead Time) sea variable para darle mayor flexibilidad a está, pasando de un modelo tradicional y poco eficiente a uno de mayor control sobre el comportamiento de la demanda.

## 2. Antecedentes

La gestión de la cadena de suministro (SCM) en las Pymes, no está establecida de forma concreta, pese a que su alcance es limitado en diversos aspectos asociados al flujo y la transformación de los productos, desde la materia prima hasta que llega a manos del consumidor. Por esto, es esencial el estudio de los problemas en la implementación de la SCM en las Pymes (Kot, Goldbach, Slusarczyk, 2018).

Minculete y Olar (2019) utilizan el modelo SCOR y basados en muchos expertos en teoría, implementan tres niveles de procesos de gerencia en una organización, el nivel uno se basa en las actividades relacionadas directamente con el desempeño de la cadena de suministro, además de los objetivos principales de la organización y los niveles dos y tres, abarcan actividades más específicas dentro de la cadena de suministro desde una perspectiva más amplia. A partir de la aplicación anterior se deduce la importancia de dicha herramienta al notar el impacto positivo y significativo que tuvo sobre el desempeño del negocio principal de la empresa, así mismo resaltan la importancia de que cada área involucrada en la gestión de la cadena de suministro debe adoptar una conducta gerencial, para dar paso al eficiente diseño e implementación del modelo SCOR y todos los aspectos involucrados.

Para resolver la problemática de planeación de demanda desde la literatura se han implementado diferentes métodos y técnicas como promedio móvil simple, promedio móvil ponderado, suavización exponencial simple, doble y triple (Contreras, et al, 2016). Una precisa predicción de la demanda puede ayudar a los encargados de la toma de decisiones, a desarrollar un programa de acción óptimo asignando los recursos de manera efectiva, reduciendo el riesgo y mejorando los beneficios económicos (Xu, Gong, Bai, 2019).

Autores como, Méndez, López (2015) desarrollaron un caso de estudio evidenciando falencias en el cumplimiento de su demanda al tener un pronóstico que no se adecua a la alta variabilidad de la misma, para mitigar esta problemática se clasificaron los productos según el comportamiento de su demanda y se aplicaron diferentes métodos de pronósticos. Al evaluarlos se evidenció que los de mayor compatibilidad según la variabilidad de la demanda de cada clase de producto fueron: promedios móviles simples y suavización exponencial cuando había

cambios muy abruptos en la demanda, logrando incrementar el porcentaje de efectividad de los pronósticos que consecuentemente aumentan el cumplimiento de la demanda.

Por otro lado, se evidencia en la literatura que Basallo, Rodríguez, & Benitez, (2017) analizaron un problema de planeación de demanda de producto con ciclo de vida corto, proponiendo metodologías no lineales como el SVR y ANN (métodos de soporte vertical y redes artificiales con regresión) para los pronósticos de este tipo de producto, evidenciando la competitividad de estas al arrojar resultados más exactos en comparación a los propuestos en la literatura. Otro punto de vista de autores como Anggraeni, Vinarti, & Kurniawati (2015) se enfoca en los métodos ARIMA y ARIMAX para la estimación de demanda de un producto en particular, iniciando con un análisis de datos agrupados para posteriormente aplicar dichos métodos y realizar una comparación de los resultados obtenidos, que finalmente constataría mayor efectividad del ARIMAX al tener un menor MAPE.

Teniendo en cuenta lo anterior, el pronóstico de la demanda se convierte en un factor indispensable para la toma de decisiones en un sistema de gestión inventarios que resultan necesarias para lograr la reducción de los costos mejorando los indicadores económicos al incrementar la calidad de los niveles de servicio al cliente (Pérez, Cifuentes, Vásquez, & Ocampo, 2013) de igual manera Gutiérrez & Vidal (2008) mencionan que es de importancia solventar las necesidades relacionadas con la revisión continua de las unidades en inventario, la cantidad y el momento específico en el cual se debe ordenar para gestionar eficientemente los inventarios.

En cuanto a las problemáticas de gestión de inventarios Escobar, Linfati, & Jaimes, (2017) establecen que se pueden utilizar diferentes tipos de políticas según las necesidades de la empresa para establecer aquella que mejor se adecue, algunas de ellas son: QR, Ss, EOQ, Rs. Por otro lado, Gui, Feng, & Zhang, (2010) realizan un estudio para lograr satisfacer la demanda en las cadenas de frío controlando el tamaño del almacenamiento, para ello plantean un modelo de inventario de múltiples niveles (Multi-echelon Inventory Model) teniendo en cuenta una demanda estocástica, encontrando desperdicio de recursos innecesario a través de la implementación de este.

Con el fin de realizar una aproximación a la cantidad óptima de pedidos de productos perecederos Ferguson, Jayaraman, & Souza, (2007) proponen un modelo EOQ de cantidad de pedidos económicos con costos de tendencia no lineal, para estabilizar la demanda de este tipo de productos. En consecuencia de la aplicación de este modelo se encontró una mejora significativa para la cantidad diaria de pedidos de estos, reduciendo costos de almacenamiento y pérdidas por vencimiento de productos. De igual forma, Bottani, Ferretti, Montanari, & Rinaldi, (2014) analizaron políticas como EOI, EOQ y Ss a través de una simulación aplicada a una cadena de suministro real de dos escalones para productos frescos con vida corta, como resultado propusieron una política de inventario que mejor se acomodaba a partir del estudio de simulación realizado.

Para la gestión de inventarios de producto terminado existe otro modelo el *Economic manufacturing quantity* (EMQ), en el cual se identifica el valor requerido para reabastecerse con base a la producción de la empresa. Una limitación del EMQ es la suposición de que el costo unitario de fabricación es constante, pero en realidad, este costo disminuye con la acumulación de la producción (Bonney y Jaber, 2007).

Onggo, Panadero, Corlu & Juan (2019) plantean un modelo de programación entera mixta, basado en el manejo de inventario de productos perecederos agrícolas para un almacén que provee a diferentes centros de distribución bajo la toma de decisiones empíricas, generando así mayores costos. Onggo et al., proponen un algoritmo que integra la simulación montecarlo permitiéndole usar demandas estocásticas generando así una solución óptima que minimiza el total de los costos esperados. Así mismo, Shin, Lee, Ryu, Cho & Son (2019) estudian el problema complejo del manejo de productos perecederos debido a la naturaleza de estos, teniendo en cuenta la obsolescencia y deterioración de productos de inventario en riesgo que genera la fluctuación posible entre oferta y demanda. Shin et al., proponen un modelo de inventario de dos fases para la industria de alimentos perecederos a través de dos métodos de solución heurística con el fin de proponer un plan de manejo de inventarios soportado en experimentos computacionales.

En cuanto a la planeación de órdenes usando técnicas de tamaño de lote, el método Lote a lote (L4L) es el más efectivo para reducir los efectos negativos del nerviosismo del sistema y es el que se ve menos afectado por altos niveles de existencias. Por esta razón, el L4L es más efectivo que otras técnicas de dimensionamiento de lotes como la Cantidad de orden económica (EOQ) sin embargo ambos tienen atributos diferentes y la Cantidad de orden de período (POQ) que si se ven afectadas por factores negativos como los mencionados anteriormente (Bregni, A, D'Avino y Schiraldi, 2011). Por otro lado, dentro de las técnicas de tamaño de lote, se encuentra el método heurístico Silver Meal (SMH), el cual consiste en determinar el tamaño del lote de los pedidos al examinar cuidadosamente los costos de inventario (Ikasari, Lestari y Prastya, 2018).

Por otro lado, la metodología DDMRP es una herramienta de planificación de la demanda, aplicada a lo largo de toda la cadena de suministro para proveer una visibilidad integrada de principio a fin. Esta surgió con el objetivo de mitigar los efectos de la variabilidad y volatilidad en las operaciones de producción y en la cadena de suministro y para fomentar la visibilidad y velocidad (Smith y Ptak, 2011).

Miclo, Fontanili, Lauras, Lamothe, & Milian, (2016) desarrollan un estudio comparativo entre el MRPII y DDMRP usando simulación de eventos discretos, donde obtienen como resultado que la metodología de DDMRP llega a dominar al MRPII en todos los escenarios, demostrando que el DDMRP desarrolla propiedades relevantes para las políticas de gestión de inventarios eficientes, debido a que los niveles del buffer se adaptan continuamente a las tendencias de la demanda. Por otro lado, Kovačić, Hontoria, Bogataj, & Ros, (2012) a través de la teoría de MRP analizan en un caso de estudio de un productor español de comida el comportamiento de la producción y los desechos de ésta, demostrando que dicha teoría puede ser una herramienta usada de la toma de decisiones en cadena de suministros en la vida real.

Asimismo, el método de remuestreo bootstrap es importante para una parte del desarrollo del proyecto donde es importante conocer que este es uno de los métodos de remuestreo utilizados para calcular la distribución de una muestra reutilizando sus propios datos, es decir, se utilizan como el universo del que se extraerán muestras con reemplazamiento, con el fin de evaluar la distribución de interés. La técnica del bootstrap supone la sustitución de elementos de la muestra donde cada observación tiene la misma probabilidad de ser seleccionada (Simionescu, 2014).

Al analizar la literatura de los métodos de pronósticos de demandas y políticas de inventarios mencionadas anteriormente, se deduce la importancia de cada uno de ellos y su compatibilidad con el cumplimiento de los objetivos que se quieren lograr con este proyecto. A partir de esto se seleccionan las técnicas a utilizar para el desarrollo del mismo, la cual se enfoca en pronosticar la demanda a través de métodos de estimación logrando la planeación de esta y la implementación combinada de la metodología DDMRP. De este estudio se pretende analizar la política actual y el impacto de la metodología propuesta con el fin de gestionar solo los inventarios de salida **del producto terminado teniendo en cuenta el** establecimiento correcto de buffers, para posteriormente evaluar las soluciones a través de indicadores de gestión.

### 3. Objetivos

***Diseñar una herramienta aplicativa para la planeación de la demanda y gestión de inventarios que soporte un programa de gestión logística, con el fin de apalancar la futura expansión de una empresa.***

- Identificar y establecer los procesos macro de la cadena de suministro de Colarnicos, basado en las capacidades actuales, de manera que se determine un esquema de crecimiento y expansión de acuerdo con las expectativas de la gerencia.

- Seleccionar y aplicar métodos para pronosticar la demanda de Colarnicos.
- Seleccionar y aplicar métodos para definir las políticas de inventario actuales.
- Desarrollar una herramienta en Excel de planeación de la demanda y gestión de inventarios basado en el DDMRP, que permita facilitar la gestión logística de la empresa.
- Verificar la pertinencia del programa de gestión propuesto basado en los comportamientos de indicadores.
- Realizar una prueba piloto o simulación que valide el impacto del uso de la herramienta sobre la gestión logística de la empresa.

#### **4. Capítulo I. Identificar y establecer los procesos macro de la cadena de suministro de Colarnicos, basado en las capacidades actuales, de manera que se determine un esquema de crecimiento y expansión de acuerdo con las expectativas de la gerencia.**

##### **4.1. Metodología**

Inicialmente se realizó el análisis conceptual de la situación actual de la empresa para poder identificar y establecer los procesos macro de la cadena de suministro. Por lo tanto, se consideró relevante el análisis de la situación actual de la empresa mediante una matriz DOFA, identificando sus características internas y externas y el análisis de la estructura organizacional. Para esto, se realiza el levantamiento de información (*Anexo 2. Análisis conceptual y caracterización*) necesario por medio de una entrevista a la gerencia que incluyen preguntas claves para la construcción de la matriz e información de la estructura organizacional (*Anexo 2. Análisis conceptual y caracterización*) que luego se analizó detalladamente.

Por otro lado, se consideró que sólo el análisis conceptual era insuficiente y debía realizarse la caracterización de la cadena de suministro para comprender a mayor escala los procesos involucrados. Se realizó un levantamiento de información de los mismos y se realizó dicha representación (*Anexo 2. Análisis conceptual y caracterización*), lo que permitió identificar con mayor facilidad los procesos macro de la cadena.

Finalmente a partir del análisis combinado de la información conceptual, de la caracterización de la cadena y de la identificación y establecimiento de los procesos macro de la cadena de suministro según las capacidades actuales, se determinó un esquema de crecimiento y expansión basado en el modelo de capacidad de maduración teniendo en cuenta las necesidades de la empresa y las expectativas de expansión.

##### **4.2. Resultados**

Según la *Imagen 1* Matriz DOFA Colarnicos en el *Anexo 2. Análisis Conceptual y Caracterización* se realizó el análisis de la empresa tanto externa como internamente en donde se identificaron muchos factores importantes de la empresa.

Inicialmente se pueden deducir debilidades fuertes en temas de **falta de registro de información** y planeación con respecto a la demanda y los inventarios, lo que resulta generando dificultades en el almacenamiento y su gestión. Así mismo, se identificó que la empresa no cuenta con última tecnología en su maquinaria lo que termina en la producción de desperdicios en pasos previos a su procesamiento, además de exigir altos tiempos de producción.

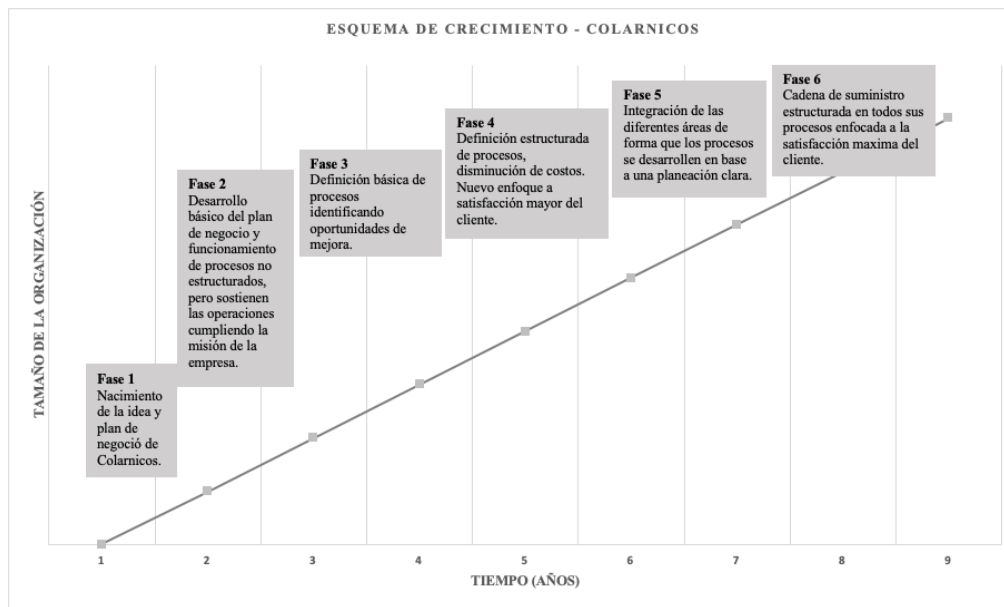
Estas debilidades resultan ser oportunidades de mejora que brindan la posibilidad de crecimiento a la empresa, enfocándose principalmente en aspectos claves de planeación de demanda, la reducción de costos de inventarios y el aumento de la productividad. Del mismo modo, el crecimiento del mercado nacional e internacional en este sector es acelerado por lo que la empresa busca la posibilidad de una nueva planta en otro país. Colarnicos tiene una fortaleza en muchos ámbitos al pertenecer a un grupo empresarial **lo que genera adicional** apoyo en diferentes áreas.

Por otro lado, la empresa se caracteriza por siempre cumplir con sus pedidos debido a la cantidad de inventario que manejan y a su adaptabilidad al comportamiento del mercado. Así mismo es un competidor fuerte con alto posicionamiento debido a su amplio portafolio de productos, su materia prima diferenciadora y su alta calidad. Sin embargo, podría estar en riesgo debido a la baja tecnología mencionada anteriormente que no la posiciona altamente en el sector cárnico general y por las numerosas campañas ambientales en contra del consumo de carnes.

Una vez conocidas las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas, se analizó la estructura organizacional, donde a partir del organigrama en la imagen 2 del *Anexo 2. Análisis conceptual y caracterización* se identificó que la estructura organizacional de la empresa es funcional como se describe a mayor profundidad en el anexo.

Posteriormente se identificaron los procesos involucrados en la cadena de suministro y se realizó la caracterización de la misma en el *Anexo 2. Análisis conceptual y caracterización* en donde se presenta detalladamente los procesos que la conforman desde la planeación hasta la logística de salida. A través del análisis conceptual y de la caracterización se definieron los procesos macro en los cuales actualmente se presentan falencias claras según sus capacidades. Ambos análisis coinciden en dos procesos macro específicos: planeación y almacenamiento desde la gestión de inventarios y que se realizan a través de actividades empíricas sin ningún tipo gestión concreta.

Como resultado del análisis obtenido, se logró establecer un esquema de crecimiento y expansión basado en el modelo de capacidad de maduración de la cadena de suministro propuesto por Sanchis, Poler & Ortiz (2009), que divide el desarrollo de esta desde una fase de inmadurez hasta la maduración completa. Este modelo se enfoca en la influencia que tiene una buena gestión de procesos sobre el servicio al cliente y la calidad de los productos entregados. En la Gráfica 3 se encuentra el esquema de crecimiento adaptado para la empresa.



Gráfica 3. Esquema de crecimiento - Colarnicos. Elaboración propia.

En conclusión, el esquema de crecimiento se adaptó a Colarnicos y se definieron diferentes fases a lo largo del horizonte de tiempo, donde Colarnicos se encuentra actualmente en la fase 3 y se espera que con este proyecto la empresa pueda iniciar la fase 4 y perseverar el alcance de crecimiento esperado.



## 5. Capítulo II. Seleccionar y aplicar métodos para pronosticar la demanda de Colarnicos.

### 5.1. Metodología

Según Contreras et al; (2016), incorporar técnicas de pronósticos en la cadena de frío resulta importante para planear el comportamiento del almacenamiento de productos perecederos. Las diferentes técnicas de pronósticos nos permiten estimar el valor de un evento futuro, estableciendo las cantidades de volúmenes de almacenamiento requeridos e influyendo positivamente sobre los costos relacionados a este.

El cálculo de los pronósticos influye directamente sobre la metodología DDMRP que se propone. Por lo tanto, se considera relevante el seguimiento de las medidas de error calculadas por cada método de pronóstico y de esta manera identificar el comportamiento del mismo teniendo en consideración si estos valores se encuentran en el rango de MAPE de estimaciones buenas o si por el contrario supera los rangos definidos.

Inicialmente se tomó la información histórica que provee la empresa del año 2019 para ser graficada y analizada de forma que se pudiera establecer el comportamiento correspondiente. Debido a que los datos de información histórica son muy pocos, no se logra establecer concretamente el comportamiento de la demanda visualmente a diferencia de si se contara con mayor cantidad de datos. Por esta razón, se aplicaron los cuatro métodos de estimación mencionados anteriormente para ser evaluados a mayor detalle.

Teniendo esto en consideración, se seleccionaron cuatro métodos para estimar (Promedios móviles simples, suavización exponencial doble (Modelo de Holt), Método de Winters multiplicativo y Método de Winters aditivo) y así mismo para proveer a la empresa de diferentes opciones de estimación en la herramienta, debido a que la información histórica es muy poca.

Se aplicaron los cuatro métodos de forma que se obtuviera un escenario de comparación entre ellos y poder así definir el método de estimación que más se ajustara basado en el valor de MAPE obtenido, donde se realizaron los pronósticos de demanda y a cada resultado se le asigna una posición al método con menor valor en MAPE. Este escenario de comparación se creó ya que se espera que la empresa comience a recopilar los datos desagregados de la demanda y a medida que tenga mayor cantidad de datos pueda ingresarlos a las plantillas de los cuatro métodos y tomar la decisión basado en los resultados de la posición del método, que se relaciona directamente con el valor de MAPE obtenido.

Así mismo, varias plantillas de pronóstico cuentan con escenarios diferentes como el método de promedios móviles y la suavización exponencial doble o optimizaciones aplicadas a través de Solver para encontrar los valores óptimos de los parámetros de suavización. Por esta razón, la herramienta contiene estos cuatro métodos de tal forma que genere información de pronósticos de demanda de los tres productos analizados en el proyecto u otros de su portafolio y Colarnicos pueda tomar decisiones basadas en un método específico relacionadas con la estimación ya que finalmente afectan la gestión acertada de inventarios e impactan la planeación. En el *Anexo 3. Métodos de pronósticos* se profundiza sobre los métodos de estimación y los escenarios definidos, por otro lado, en el *Anexo 10. Herramienta aplicativa basada en la metodología DDMRP y estimación de la demanda* se encuentran las plantillas diseñadas para cada método de pronóstico.

### 5.2. Resultados

De la estimación de la demanda a través de los cuatro métodos para cada producto, se tomaron los volúmenes de venta reales del año 2019 como la información histórica a pronosticar y se obtuvieron diferentes medidas de error (MAPE y DAM) para cada uno de los métodos. El método con menor valor en MAPE para todos los productos en comparación con los otros fue promedios móviles simples, donde para la carne de hamburguesa de búfalo se obtuvo un MAPE de 20.09%, el chorizo de búfalo 20,76% y la carne desmechada 20.34% siendo estos menores al de los otros

métodos hasta en un 3% menos. Esto se comparó frente a un error del 22.59% para winters aditivo en la segunda posición, un 23.37% en la tercera para el winters multiplicativo y finalmente se encuentra suavización exponencial doble con 25.40% en el *Anexo 8. Análisis de resultados\_Colarnicos (Registro\_métodos pronósticos)* se encuentra el tablero de resultados obtenidos de los cuatro métodos aplicados.

Seguidamente, para el chorizo de búfalo se seleccionan los valores arrojados por el escenario N=4 de promedios móviles, pues cuenta con el menor MAPE frente a los demás escenarios y los demás métodos siendo este del 20.76%, resultando en un  $\lambda$  promedio de 4888 y desviación estándar de 771, en segundo lugar se encuentra un error del 23.27% que corresponde al winters aditivo, seguido del winters multiplicativo con un 26.80%, ubicándose así en la última posición con un porcentaje del 30.34% para la suavización exponencial doble, el cual para este caso de análisis se sale del rango establecido con límite superior del 30% lo que indica este MAPE es que los datos estimados son regulares y no muy acertados.

La carne desmechada toma los resultados del escenario N=4 de promedios móviles trayendo el menor error con un 20.34%,  $\lambda$  promedio de 4712 y desviación estándar de 983, esto en comparación con el MAPE del 27.47% de winters multiplicativo en el segundo puesto, posicionado de tercero el 27.51% correspondiente al winters aditivo y de último se sitúa la suavización exponencial doble con 33.36%, donde de la misma forma que para el segundo producto se encuentra fuera del rango aceptable para este caso. Además, se puede notar que el método de suavización exponencial doble se encuentra posicionado de último en todos los casos analizados.

En conclusión, se toma como supuesto que la demanda tiene un comportamiento estacionario y se asume este comportamiento al menos a lo largo de un año. Sin embargo, no se asegura que este comportamiento se mantenga a medida que la empresa recopile mayor información histórica. Por lo tanto, los métodos de suavización exponencial doble (Método de Holt), Método de Winters multiplicativo y Método de Winters aditivo se plantean como plantillas dentro de la herramienta, con el fin de que a medida que se tengan más datos de demanda de los productos seleccionados, la empresa pueda pronosticar según estos si cambiará el comportamiento de la demanda al tener mayor cantidad de datos y poder así identificar el método más conveniente.

## **6. Capítulo III. Seleccionar y aplicar métodos para definir las políticas de inventario actuales**

### **6.1. Metodología**

Teniendo en cuenta el análisis del capítulo I, se define que las operaciones logísticas de Colarnicos son desarrolladas empíricamente debido a que no cuentan con procesos totalmente estructurados por alguna metodología específica. Con relación al almacenamiento y metodologías de políticas de inventarios, se identifica en el levantamiento de información que la gerencia no tiene un método determinado conocido como política de inventarios para sus diferentes productos y materia prima, así mismo, no cuentan con el conocimiento de los costos relacionados a estas operaciones.

Los procesos de gestión de inventarios y la toma de decisiones que estas conllevan se basan en cumplir con las existencias necesarias de volúmenes de venta para 15 días y un inventario de seguridad de 1 tonelada de cada producto terminado (Carne de hamburguesa de búfalo, chorizo de búfalo y carne desmechada) y la carne de búfalo como materia prima. Para los demás ingredientes necesarios, se establece la misma política de 15 días con un inventario de seguridad de 2 unidades por cada materia prima.

Teniendo esto en consideración, surge la necesidad de seleccionar y aplicar métodos para definir una política de inventario actual. Se tienen en cuenta los históricos de volúmenes de venta de los tres productos terminados, para calcular un promedio estimado de las unidades vendidas en el año 2019 en el *Anexo 8. Análisis de resultados\_Colarnicos (Política S,T-Política Actual (1) y (2))* y utilizar este valor como la demanda actual en la política a aplicada, debido a que no se cuenta con información específica de esta como se menciona anteriormente.

Para la política de inventarios de materia prima, se tomaron estos históricos de ventas mediante los cuales se calculó el requerimiento de cada una, teniendo en cuenta la cantidad necesaria por cada unidad de producto terminado para cumplir con los volúmenes del 2019. Así, estos valores se asumen como la demanda de materia prima, pues la empresa no cuenta con información exacta de esta.

Por otro lado, la empresa no cuenta con el cálculo ni estimación de costos relacionados de almacenamiento (costo de ordenar y costo de mantener), por lo tanto, se propone un modelo de costos (mencionado en el capítulo V y en el *Anexo 8. Análisis de resultados\_Colarnicos (Política S,T - Política Actual(1) y (2))*) y el *Anexo 4. Políticas - Costos(EOQ,ST)* donde se calculan los costos necesarios para aplicar una política de inventarios definida.

Para su desarrollo, se seleccionó y se aplicó el método de política de inventarios ST. El cálculo de este método se desarrolla en el *Anexo 8. Análisis de resultados\_Colarnicos (Política S,T - Política Actual (1) y (2))*. Se escogió el método ST, ya que es el método que más se asemeja a la política actual que maneja la empresa al tener una revisión periódica de inventarios en un periodo de tiempo T establecido (15 días), teniendo un nivel máximo S conocido tanto para materia prima, como para producto terminado.

Seleccionar y aplicar el método S,T como la política actual resulta relevante para la herramienta propuesta, debido a que se realizan comparaciones con los resultados obtenidos por la metodología propuesta. Si no se definiera la política actual a través de un método específico, las comparaciones realizadas en el capítulo IV no hubieran sido posibles al no tener datos para comparar y el análisis sería insuficiente.

## 6.2. Resultados

Según la metodología explicada anteriormente, luego de aplicar el método ST y los costos calculados relacionados al método *Anexo 8. Análisis de resultados\_Colarnicos (Política S,T - Política Actual (1) y (2))*, se obtienen los siguientes resultados presentados en las tablas 1 y 2 para producto terminado y materia prima.

Producto terminado	G(S,T)
Carne de hamburguesa de búfalo	\$ 23.398.045
Chorizo de búfalo	\$ 9.749.791
Carne desmechada	\$ 7.614.766

Tabla 1. Resultados política de inventarios S,T aplicada a la política actual de producto terminado. Elaboración propia.

Materia Prima	G(S,T)	Materia Prima	G(S,T)	Materia Prima	G(S,T)
Carne de búfalo	\$ 38.804.033	Almidón	\$ 399.282	Eritorbato	\$ 38.119
Sal	\$ 92.437	Proteína al 90%	\$ 710.262	Polifosfato	\$ 22.225
Ajo en polvo	\$ 167.927	Imbac	\$ 134.761	Nitral	\$ 30.401
Cebolla en polvo	\$ 245.312	Proteína crispeta	\$ 473.238	Aceite	\$ 690.118
Miga de pan	\$ 286.512	Paprika	\$ 77.256	Caldo de carne	\$ 126.087
Extracto de levadura	\$ 134.430	Humo líquido	\$ 25.762		

Tabla 2. Resultados política de inventarios S,T aplicada a la política actual de materia prima. Elaboración propia.

Se evidenció que la política con mayor costo de los tres productos terminados bajo estudio, es la carne de hamburguesa de búfalo con \$23.398.045 con relación a los otros productos. Esto se puede derivar de que cuenta con el volumen más alto de demanda, siendo la del chorizo de búfalo un 43% menor y un 38% la carne desmechada. Sin embargo, cuenta con el segundo valor más alto con 8334 unidades en stock de seguridad, lo que influye en el costo total de la política. Por otro lado, la carne de búfalo representa el mayor costo de las materias primas con \$38.790.229 esto debido a que es la base y la materia que más se utiliza en cantidad para cubrir la demanda de los tres productos terminados, encontrándose muy por encima de las demás.

Con respecto a los niveles de inventarios actuales y en relación a los niveles de inventarios calculados por la planeación propuesta generada para comparar estas políticas, se encontró un ahorro en los costos referentes al inventario. Comparando los resultados con la política actual de Colarnicos, se logra evidenciar en la tabla 3 una reducción significativa del total de inventario necesario para suplir la demanda de una política de 15 días.

Producto	INV_SOP política actual	INV_SOP DDMRP	% reducción
Carne de hamburguesa	13714	6719	51.01%
Chorizo de búfalo	12991	2570	80.22%
Carne desmechada	4557	2958	35.09%

Tabla 3. Diferencia porcentual del total de inventarios de la política actual vs simulación DDMRP. Elaboración propia.

Con relación a los niveles de stock de seguridad (ver tabla 4), se compararon los resultados de la simulación generada y la política actual. Se obtuvo una reducción significativa de su participación sobre el total de los inventarios en una medida del 61% al 7% para la carne de hamburguesa de búfalo, del 70% al 9% para el chorizo de búfalo y del 37% al 5% para la carne desmechada. Esto le permite a Colarnicos tener un mayor flexibilidad y control de sus inventarios.

Producto	SS política actual	% participación	SS DDMRP	% participación
Carne de hamburguesa	8334	61%	481	7%
Chorizo de búfalo	9091	70%	228	9%
Carne desmechada	1667	37%	144	5%

Tabla 4. Porcentajes de participación del stock de seguridad en la totalidad del inventario de cada política. Elaboración propia.

Por último, la política de inventarios ST permitió cuantificar el costo de las decisiones tomadas actualmente por Colarnicos y de esa manera refleja la influencia del supuesto establecido en la gestión de inventarios actual de la empresa. Esto demuestra que el dinero invertido en esta política actual para los tres productos terminados es de \$40.762.602, mientras que para la materia prima el total es de \$42.458.162, resultando estos costos bastante altos para la operación de Colarnicos. Los resultados obtenidos por este método se compara contra la planeación a través del EOQ presentada a mayor profundidad en el Anexo 4. Políticas-Costos (EOQ, ST) y el método propuesto, en el capítulo IV.

## 7. Capítulo IV. Desarrollar una herramienta en Excel de planeación de la demanda y gestión de inventarios basado en el DDMRP, que permita facilitar la gestión logística de la empresa.

### 7.1. Metodología

Colarnicos es una empresa que tiene muy poco tiempo en el mercado, por lo que la metodología DDMRP se ajusta a las necesidades de planeación de la empresa. Las altas variaciones de la demanda afectan su modelo de planeación tradicional, por esta razón se utilizó este modelo para el desarrollo de la herramienta. La empresa no tiene un medio que le permita responder rápidamente a estos cambios, por lo que se pretende que las soluciones ofrecidas por esta metodología se conviertan en una herramienta de planeación importante para apalancar la futura expansión de la organización.

Inicialmente se diseñó una sección de estimación de demanda en la herramienta, en donde para cada producto terminado se encuentra la plantilla de pronóstico a través de cuatro métodos diferentes: método de winters multiplicativo, método de winters aditivo, método de suavización exponencial doble y promedios móviles. La empresa no cuenta con una herramienta que le genere estas opciones para estimar, y teniendo en consideración que no se puede concluir concretamente sobre el comportamiento de la demanda con la poca información histórica que se tiene, es necesario proveer a la empresa de diferentes métodos de estimación para que a medida que se generen los hábitos de recopilación de información y estimación puedan pronosticar con mayor cantidad de datos permitiéndoles visualizar

en la sección de resumen de los métodos cuál es la mejor estimación con relación al valor obtenido por el MAPE y así puedan tomar decisiones acertadas acerca de las estimaciones de sus productos.

Por otro lado, en relación a la metodología propuesta el diseño de la herramienta se basa en la implementación de factores relevantes de la metodología DDMRP como el establecimiento de los buffers (*Ver Anexo 5. Metodología DDMRP y planeación*) y la relación estrecha con la estimación de la demanda (*Anexo 3. Métodos de pronósticos*), pues logra relacionar ambas metodologías brindan un mejor resultado de la planeación. Con relación a la metodología, esta se enfoca en el DDMRP *propuesto por Ptak & Smith (2011)*, donde se aplican diferentes componentes del método explicados en el *Anexo 5. Metodología DDMRP y planeación*.

Teniendo esto en consideración, *la sección de DDMRP se enfoca exclusivamente en el producto terminado donde* se establecieron los niveles y perfiles de buffers, pues este paso es de gran importancia para asegurar que el resultado de la gestión de inventarios tenga la flexibilidad necesaria para responder a los cambios variables de la demanda. Teniendo en cuenta las permutaciones de la tabla 2 del *Anexo 5. Metodología DDMRP y planeación* se definió el comportamiento del lead time de cada producto y se estableció el perfil de los buffers relacionadas con el DDMRP (*Distributed*) *debido a que se consideran los inventarios de salida de los productos terminados*, adicional se presenta con mayor detalle la designación de la porcentualidad en los niveles de buffer y cómo se calcula cada nivel.

Para garantizar que el modelo del cálculo del buffer sea *adaptable*, se incluyó dentro de la programación de la herramienta el cálculo de una variable a través del optimizador de Solver, que identifica el valor por cual el CPD (consumo promedio diario) del buffer amarillo debe ser multiplicado para cumplir las restricciones asociadas a la política establecida *donde los niveles de buffer deben alcanzar como mínimo para un inventario de 15 días*, esto influye directamente sobre el cálculo de los buffers rojo y negro *que representan un valor porcentual del buffer amarillo*. De esta forma, se pretende *asegurar* su valor para soluciones acertadas según las necesidades de la empresa. El *Anexo 5. Metodología DDMRP y planeación* explica el modelo definido en Solver para el cálculo de la variable.

Debido a que los datos históricos de la demanda proporcionados por la empresa corresponden a los valores mensuales, ya que no cuentan con los valores de la demanda histórica desagregada diariamente, se realiza entonces, la planeación con los resultados de las réplicas obtenidas por el generador de demandas que se expone brevemente en el *Anexo 3. Métodos de pronósticos* y se toma el valor promedio mensual de cada réplica para ser llevado al valor diario y poder realizar la planeación correspondiente para 15 días facilitando la visualización del impacto de las decisiones desagregadas.

De la metodología del DDMRP *se obtienen* los valores del MOQ, ROP, IS, perfil de buffer asignado a cada uno de los tipos, nivel del buffer (und), nivel del buffer (%), límite del buffer, la desviación estándar (días) y el valor del inventario necesario para cumplir los días de la política establecida (INV\_SOP) *que cambiaran y se ajustaran a medida que el lead time de cada producto terminado varíe según el rango aleatorio establecido como se explica en el Anexo 5. Metodología DDMRP y planeación*. Se espera que los resultados obtenidos por la herramienta se conviertan en un instrumento para la toma de decisiones en la gestión de inventarios de Colarnicos basada en planeación. En el *Anexo 10. Herramienta aplicativa basada en la metodología DDMRP y estimación de la demanda* se puede profundizar en el funcionamiento de la funciones programadas y los métodos aplicados.

Se utiliza la metodología de las heurísticas propuesta por el MRP para comparar la metodología propuesta DDMRP con relación al método de EOQ ya que esta calcula los costos al final de la planeación, de esta manera, se pretende obtener resultados de costos realmente comparables. En ambas metodologías se incluye adicionalmente la planeación de la materia prima y sus costos asociados, debido a su relación estrecha con la liberación de ordenes del producto terminado. De esta forma, se pretende obtener el costo total, así mismo, la planeación para cada uno de los métodos se expone con mayor detalle en el *Anexo 8. Análisis de resultados\_ Colarnicos (Resultados de costos-réplicas)*

A su vez, se encuentra que la gestión de inventarios tanto **de materia prima como producto terminado** es de gran importancia dentro de una organización, pues representa una gran inversión y un exigente control financiero para evitar incurrir en costos innecesarios y/o excesivos. Por lo tanto, surge la importancia de la comparación **entre el método actual ST, el tradicional EOQ y el propuesto DDMRP**, para evidenciar de qué forma Colarnicos podría verse beneficiado por la metodología propuesta y cómo se comportaría la gestión de inventarios bajo **otra política** con relación a la actual.

**Finalmente**, la interacción del usuario con la herramienta se consideró como un factor relevante en el diseño. De esta manera, en cada sección se diseñaron diferentes accesos para activar los comandos programados a través de botones. Se pretende que la programación a través de un botón facilite la interacción del usuario con la herramienta. En el *Anexo 7. Interacción del usuario e interfaz de navegación* y en el *Anexo 9. Manual del usuario* se encuentra se presenta a mayor profundidad la función de los botones de acceso designados por sección y la interfaz de navegación.

## 7.2. Resultados

Teniendo lo anterior en consideración, como se explicó en el capítulo II, se generan valores de demanda con el generador para cada producto con este método y el N correspondiente. Obteniendo como resultado 15 réplicas de demanda mensual por producto para 12 periodos que son promediados y utilizados para la planeación en unidades de tiempo diarias según el método correspondiente en el *Anexo 10. Herramienta aplicativa basada en la metodología DDMRP y estimación de la demanda (Replicas planeación (P1)(P2) y (P3))* se encuentran los resultados obtenidos.

Para cada producto se realizó el cálculo de los costos correspondientes de cada una de las réplicas tanto en la heurística que aplica el EOQ como la del DDMRP que relaciona los resultados obtenidos por esta metodología. En la tabla 5 a continuación se muestran los costos promedio obtenidos por cada uno de los métodos comparados.

TIPO	PRODUCTO	Actual	EOQ	DDMRP	P1		Actual - DDMRP (Reducción)	Actual - DDMRP (%) Reducción	EOQ - DDMRP (Reducción)	EOQ - DDMRP (%) Reducción
					Actual - EOQ (Reducción)	Actual - EOQ (% Reducción)				
PT	Carne de Hamburguesa de Bufalo	\$ 23.398.045	\$ 13.111.043	\$ 7.116.377	\$ 10.287.002	44%	\$ 16.281.668	70%	\$ 5.994.667	46%
P2										
PT	Chorizo de bufalo	\$ 9.749.791	\$ 4.231.463	\$ 2.378.941	\$ 5.518.328	57%	\$ 7.370.850	76%	\$ 1.852.521	44%
P3										
PT	Carne Desmechada	\$ 7.614.766	\$ 5.721.717	\$ 3.696.736	\$ 1.893.049	25%	\$ 3.918.030	51%	\$ 2.024.980	35%

Tabla 5. Resultados de costos de producto terminado obtenidos de la política de inventario actual comparada con la metodología propuesta y EOQ. Elaboración propia.

Se realizan las comparaciones pertinentes de los costos promedio obtenidos, donde se evidencia que ambos métodos aplicados a la planeación de 15 días obtienen una reducción significativa en comparación a la política actual, específicamente el EOQ obtiene una reducción en más del 25% para todos los productos y significativamente más alta en el chorizo de búfalo con un 57%. La comparación con la política actual obtiene una reducción en todos los costos promedio de los productos en más del 48% y al igual que el EOQ más significativa en el segundo producto con 76%.

Debido a que ambos métodos proponen altas reducciones en los costos relacionados a la gestión propuesta, se realiza la comparación de los costos promedio obtenidos por el EOQ y el DDMRP. Teniendo esto en consideración, se definió que con relación a el EOQ la metodología propuesta tiene un porcentaje de reducción en los costos para la carne de hamburguesa de búfalo en 46%, chorizo de búfalo en 44% y carne desmechada en 35%, demostrando que la

gestión a través del DDMRP impacta directamente sobre la reducción de los costos, convirtiéndose en una metodología que ofrece mejores resultados. Adicionalmente, aplicar la metodología mencionada tiene puntos adicionales positivos de respuesta rápida a las demandas cambiantes del mercado, que no son tenidas en cuenta en las políticas tradicionales de gestión de inventarios.

Por otro lado, el impacto de la planeación propuesta a través del DDMRP se ve identificado en la reducción de costos de algunas materias primas utilizadas, como se muestra en la tabla 6 a continuación.

		P1			
TIPO	PRODUCTO	EOQ	DDMRP	Reducción	% Reducción
MP	Carne de Bufalo	\$ 6.179.511	\$ 2.230.275	\$ 3.949.237	63,9%
MP	Sal	\$ 20.821	\$ 19.964	\$ 857	4,1%
MP	Cebolla en polvo	\$ 79.972	\$ 7.874	\$ 72.098	90,2%
MP	Extracto de levadura	\$ 99.084	\$ 70.205	\$ 28.880	29,1%
MP	Imbac	\$ 231.034	\$ 89.752	\$ 141.282	61,2%

		P2			
TIPO	PRODUCTO	EOQ	DDMRP	Reducción	% Reducción
MP	Carne de Bufalo	\$ 1.931.317	\$ 591.725	\$ 1.339.592	69,4%
MP	Cebolla en polvo	\$ 22.204	\$ 8.197	\$ 14.007	63,1%
MP	Paprika	\$ 44.174	\$ 9.312	\$ 34.863	78,9%
MP	Proteína al 90%	\$ 78.341	\$ 76.882	\$ 1.459	1,9%
MP	Imbac	\$ 136.547	\$ 76.523	\$ 60.024	44,0%

		P3			
TIPO	PRODUCTO	EOQ	DDMRP	Reducción	% Reducción
MP	Carne de Bufalo	\$ 15.786.398	\$ 8.672.172	\$ 7.114.227	45,1%
MP	Sal	\$ 32.879	\$ 19.196	\$ 13.684	41,6%
MP	Ajo en polvo	\$ 113.210	\$ 94.505	\$ 18.705	16,5%
MP	Cebolla en polvo	\$ 176.658	\$ 92.911	\$ 83.747	47,4%
MP	Caldo de carne en polvo	\$ 199.910	\$ 151.912	\$ 47.998	24,0%
MP	Imbac	\$ 118.040	\$ 74.822	\$ 43.218	36,6%
MP	Aceite	\$ 749.962	\$ 223.073	\$ 526.889	70,3%

Tabla 6. Resultados de costos de materia prima obtenidos de la metodología propuesta y EOQ. Elaboración propia.

La materia prima de carne de búfalo en el producto terminado de carne de hamburguesa y chorizo de búfalo representa el 92% del contenido y en la carne desmechada 96%, por lo que la gestión y planeación apropiada del producto terminado influirá igualmente en la reducción de costos de estos, debido a que la liberación de orden del producto terminado se convierte en los requerimiento de esta materia prima.

Por lo tanto, se realiza la comparación de los costos promedio obtenidos por ambos métodos comparados de forma que se evidencia una clara reducción. Concretamente la metodología propuesta reduce en más del 40% los costos de la materia prima más importante para la elaboración de los productos (carne de búfalo), notablemente en el chorizo de búfalo y la carne de hamburguesa en 69.40% y 63.9% según corresponde y en otras materias primas como se evidencia en la tabla 6.

El atributo de conocer los niveles de buffer ofrecidos por esta metodología permite identificar el punto exacto en el que se debe realizar un pedido y la cantidad correspondiente para que el nivel de inventario nunca caiga por debajo de niveles de buffer rojo, esto se evidencia en las gráficas en el Anexo 8. *Análisis de resultados Colarnicos (Registro Análisis Buffers)*, donde el comportamiento del inventario de 15 días se mantiene en los niveles superiores (Verde y Amarillo) permitiéndole a la empresa reaccionar correctamente a los cambios de la demanda. Esto es un aspecto positivo, ya que esta cantidad de existencias ubicará el inventario en un nivel de buffer favorable, donde su posición no requiere de ninguna acción crítica de reacción y le permitirá pedir las existencias necesarias para cumplir la demanda sin exceder los niveles establecidos.

## 8. Capítulo V. Verificar la pertinencia del programa de gestión propuesto basado en los comportamientos de indicadores.

### 8.1. Metodología

Para evaluar la pertinencia del programa de gestión propuesto, se realizó un análisis a partir de un modelo de costos donde se tuvo en cuenta la política de inventarios actual junto con la metodología DDMRP planteada para

estos. Posteriormente se realiza la comparación de indicadores de desempeño de estas. Este análisis permitió medir el impacto económico de este y la variación en los indicadores según la política.

En el modelo de costos de inventarios elaborado tanto para la política actual como para la propuesta, se analizan los costos principales relacionados con la gestión de inventarios que se encuentran en el *Anexo 8. Análisis de resultados\_Colarnicos (Política S,T - Política Actual (1) y (2))*. Por otro lado, se seleccionaron los indicadores presentados en el *Anexo 6. Indicadores* para evaluar el impacto de las políticas propuestas para producto terminado y cómo influye el uso de estas en la compañía. Esto debido a que (Vizarreta & Yoplac, 2018) mencionan que el uso de indicadores en la gestión de inventarios y en general en la gestión logística facilita la medición y el control del desempeño de los procesos realizados en un proyecto.

Para la política actual, se realizó el levantamiento de información acerca de todos los costos involucrados con los inventarios. Colarnicos no contaba con un modelo de costos de operaciones establecido, pues no tenía registro de la mayoría de los costos relacionados con la gestión de su inventario, esto dificulta el cálculo de las políticas.

## 8.2. Resultados

Basados en la metodología mencionada, en el *Anexo 8. Análisis de resultados\_Colarnicos (Política S,T - Política Actual (1) y (2))* se encuentran los costos definidos para el modelo de costos de la política actual.

Al calcular el costo total de inventario para el modelo de costos de cada producto en una política S,T de 15 días se muestran los resultados mostrados anteriormente en la *Tabla 1*. Posteriormente se toma una réplica del modelo DDMRP para obtener un escenario de comparación para el costo total del modelo actual, mostrada en la tabla 7 continuación.

Producto	Demanda (unds)	MOQ(unds)	IS (unds)	INV_SOP (unds)
Carne de hamburguesa de búfalo	11645	896	480	6718
Chorizo de búfalo	4455	343	228	2570
Carne desmechada	5126	394	144	2957

Tabla 7. Resumen de resultados obtenidos en una corrida de metodología DDMRP. Elaboración propia

Se procedió al cálculo del costo total del inventario como se muestra en las tablas 8 y 9 por tipo de producto terminado y materia prima donde se obtuvieron los siguientes valores.

Producto terminado	G (DDMRP)
Carne de hamburguesa de búfalo	\$ 5,997,308
Chorizo de búfalo	\$ 1,847,322
Carne desmechada	\$ 2,997,804

Tabla 8. Costos totales de producto terminado obtenidos de la réplica N. 15 de metodología DDMRP. Elaboración propia

Materia prima	G (DDMRP)	Materia prima	G (DDMRP)	Materia prima	G (DDMRP)
Carne de búfalo	\$ 9,231,207	Almidón	\$ 191,450	Eritorbarato	\$ 7,709
Sal	\$ 59,739	Proteína al 90%	\$ 158,053	Polifosfato	\$ 4,440
Ajo en polvo	\$ 112,998	Imbac	\$ 230,487	Nitral	\$ 6,104
Cebolla en polvo	\$ 96,827	Proteína críspeta	\$ 80,494	Aceite	\$ 92,659
Miga de pan	\$ 68,478	Paprika	\$ 9,668	Caldo de carne	\$ 148,364
Extracto de levadura	\$ 10,501	Humo líquido	\$ 6,068		

Tabla 9. Costos totales de materia prima obtenidos de la réplica N. 15 de metodología DDMRP. Elaboración propia



La diferencia reflejada por la réplica seleccionada para la comparación de costos de la metodología DDMRP frente a la política actual de la empresa es de \$17.400.737, mostrando una reducción del 74.37% para la carne de hamburguesa, \$7.902.469 menor en un 81.05% para el chorizo de búfalo, \$4.616.962 con una disminución del 60.63% para la carne desmechada y \$31.942.916 reduciendo en un 75.23% el costo totalizado de las materias primas. Se ve reflejado un ahorro total de \$61.863.804 únicamente en costos directamente relacionados con la gestión de inventarios que indirectamente podrían influir de forma positiva en demás procesos de la cadena de suministro.

Seguidamente está cálculo de los indicadores mencionados en el *Anexo 6. Indicadores* para cada tipo de producto. Inicialmente se encuentra el índice de rotación de mercancía, que para la carne de hamburguesa de búfalo en los meses de enero, febrero y marzo fue de 0.70, 0.79 y 1.85 respectivamente, lo que se traduce en un aumento importante en el último mes al aplicar la propuesta basada en el DDMRP. Dichos valores indican una alta rotación de inventarios que se traduce en una ideal gestión de estos, pues entre más se mueva la mercancía y menos tiempo dure almacenada, menores costos implica este proceso para la compañía. Este mismo comportamiento se reflejó para los otros productos, la carne desmechada con valores de 1.26, 1.48 y 1.89, y el chorizo de búfalo con 0.52, 0.54 y 1.81 en el orden mensual mencionado.

En segundo lugar está el índice de duración de mercancía, el cual arrojó valores de 196.75, 105.11 y 13.40 para la carne de hamburguesa en orden para los tres primeros meses del año. Esto muestra que el índice disminuyó de forma representativa para el primer tipo de producto en el mes analizado con la herramienta, lo que afirma que su política de stock de seguridad de una tonelada no es la mejor, ya que el inventario permanece mucho tiempo. Lo anterior fue reflejado de manera diferente para la carne desmechada, con índices de 11.60, 8.55 y 9.13 para los meses analizados, donde a pesar de presentarse un aumento en el mes de marzo con respecto a febrero, *simplemente se debe al índice requerido para cumplir con las cantidades óptimas arrojadas por la herramienta*, pero sin repercutir realmente de forma negativa en la operación. Para el chorizo de búfalo, se evidenció un aumento en marzo frente a los meses anteriores, con resultados de 11.20, 5.35 y 16.63, *lo cual se justifica igualmente*.

Por otro lado, se calculó el índice de exactitud del inventario, resultando para la carne de hamburguesa en 99.94% para enero, 100% para febrero y 99,79% para marzo, los cuales muestran una variación mínima mensual. De la misma manera se dio para la carne desmechada con 97.92%, 100% y 100%, y para el chorizo de búfalo con 100%, 99.81% y 100% en el orden mencionado.

Finalmente se evaluó el índice de nivel de cumplimiento de entregas a clientes, el cual fue 1 para todos los productos en todos los meses analizados siendo este la mayor proporción que se puede alcanzar, lo que significa que Colarnicos cumple con los pedidos en su totalidad.

## **9. Capítulo VI. Realizar una prueba piloto o simulación que valide el impacto del uso de la herramienta sobre la gestión logística de la empresa.**

### **9.1. Metodología**

Realizar una simulación requirió completar exitosamente la fase de creación de la herramienta para un primer acercamiento a los resultados obtenidos, donde se comprobó a través de réplicas de prueba los resultados. Inicialmente se buscó verificar que todos los métodos utilizados estuvieran correctamente planteados antes de realizar corridas de recolección de información.

Al verificar que la herramienta contará con las características esperadas para cumplir los objetivos propuestos, se realizan *varias réplicas de pronósticos basadas en el método de remuestreo de bootstrap y la información del método de estimación seleccionado, la cual da paso posteriormente a la planeación con respecto a la política y finalmente la metodología DDMRP*. Esto para recopilar y analizar detalladamente las soluciones generadas y así poder verificar la pertinencia del programa de gestión que esta herramienta propone.

Se consideró relevante complementar el análisis del capítulo anterior al evaluar el impacto de los indicadores calculados sobre la gestión de la cadena de Colarnicos desde la visión del modelo SCOR (*Supply Chain Operations Reference model*). Por otro lado, se realizaron **15 réplicas de demanda previamente para así permitir la recopilación de** información de los buffers y poder así analizar el comportamiento de estos y el efecto que generan sobre los inventarios de los diferentes productos **terminados**. Finalmente, se pretende validar el impacto del uso de la herramienta en la gestión de los procesos macro establecidos por medio del análisis de los resultados de costos obtenidos.

## 9.2. Resultados

A partir del modelo SCOR desarrollado, se realizó el análisis del impacto en relación con los indicadores como se muestra en la tabla 10. Se resumen los resultados obtenidos a partir de la medición de métricas para la carne de hamburguesa. Los resultados para chorizo de búfalo y carne desmechada se encuentran en el *Anexo 6. Indicadores*.

### Carne de hamburguesa

Nombre	Valor antes de la implementación	Valor después de la implementación
Rotación de mercancías	0,79	1,85
Duración de mercancías	105,11	13,4
Exactitud del inventario	100%	99,79%
Cumplimiento de entregas a clientes	100%	100%
Costo de la gestión inventarios como porcentaje de las ventas	\$1.941	\$590

Satisfactorio

Normal

Critico

Tabla 10. Resultado KPI's seleccionados. Elaboración propia.

Para el indicador de rotación de mercancías, se puede evidenciar el impacto positivo de la implementación de la herramienta, con una disminución de este que repercute en los costos finales, **al igual que la disminución en la duración de mercancías** para la carne de hamburguesa. Este último indicador se encuentra en un estado normal para todos los productos.

Para los indicadores de exactitud del inventario y cumplimiento de entregas a clientes, se tiene un rendimiento satisfactorio para todos los productos. Por otro lado, el costo de la gestión de inventarios disminuyó en todos los productos, el mejor rendimiento se puede evidenciar en los resultados del chorizo de búfalo, donde el valor de la métrica disminuyó en un **75,6%**. En conclusión, se evidencia que el rendimiento de todas las métricas ha mejorado gracias a la implementación de la herramienta.

En cuanto al comportamiento de los buffers se recopila una muestra **basada en las réplicas previas** para los diferentes tipos de buffer de cada producto mostrada en el *Anexo 8. Análisis de resultados Colarnicos (Registro Análisis de buffers)*. Se observa que los resultados **se encuentran entre el 22.35% y el 27.09%** de variación en todos los BA (Buffer Amarillo) de todo los tipos de producto.

Finalmente, se obtuvieron los resultados de los costos de la política actual versus la propuesta, donde en la Gráfica **2, 3 y 4** del *Anexo 5. Metodología DDMRP y planeación* se evidencia que los costos obtenidos por la metodología propuesta son menores para todos los productos en relación a la actual. Además, se evaluó el impacto de

los ahorros acumulados obtenidos por el DDMRP, para así evidenciar el apalancamiento que esta herramienta ofrece a Colarnicos en su expansión. Podemos evidenciar un ahorro acumulado por un total de \$61.863.804 frente a la política actual, manifestando que los ahorros generados a futuro impactarían de forma positiva en la expansión de la empresa al no gastar dinero innecesario.

## 10. Conclusiones

- Los métodos propuestos para estimar la demanda de Colarnicos generaron diferentes resultados de error porcentual absoluto medio (MAPE), donde el método que más se ajusta a los datos que se tienen fue seleccionado de acuerdo al menor error, asumiendo así mismo que la demanda actual de la empresa está definida por el comportamiento estacionario, más no se afirma que el comportamiento se mantenga si se tuviera mayor cantidad de datos y se realiza este supuesto para el desarrollo del proyecto. De los resultados obtenidos, se seleccionó el método de promedios móviles simples como método de estimación de los tres productos terminados.
- Colarnicos desconoce el costo real total de la gestión de sus inventarios bajo la política actual establecida (15 días), de esta manera los resultados de la aplicación del ST en la política actual determinaron que tienen un costo aproximado de \$83.220.765 totalizando para producto terminado y materia prima. De acuerdo a esto, el dinero dedicado a la gestión de inventarios resulta significativamente alto con relación a lo que la empresa desearía designar para la gestión de estas operaciones, el cual comparado en un periodo de tiempo mensual al igual que el estado de resultados de la empresa, representa un 68.65% sobre su total de gastos operacionales equivalentes a \$242.455.065.
- De acuerdo a la réplica número 15 aplicada por la herramienta, se genera un costo total de \$21.357.680 basado en la metodología DDMRP en un periodo de tiempo de 15 días al igual que la política actual de Colarnicos, lo que como producto de la comparación resulta en un ahorro de \$61.863.804
- Se definió la importancia de aplicar una metodología que logre gestionar de manera eficiente los inventarios de salida de Colarnicos, para cumplir con los cambios variables de la demanda de sus productos. En consecuencia, se estableció el Demand Driven MRP (DDMRP) como el modelo utilizado en este estudio para la implementación de la proyección de la demanda sobre la gestión del inventario final.
- Incluir la materia prima en el alcance del proyecto permite abarcar un proceso más de la cadena de suministro que se considera clave dentro de la misma, por lo que debido a esto se realizó la planeación de acuerdo al MRP por medio de heurísticas basado en el resultado obtenido para producto terminado de acuerdo al DDMRP, planteando una relación importante entre estos.
- Del cálculo establecido de los buffers a través de Solver se pretende dinamizar los niveles de inventario para obtener los beneficios principales del DDMRP contrarrestando los cambios variables de la demanda. Se evidencia que el comportamiento de los buffers permiten tener una capacidad de respuesta rápida al inventario de salida y así amortiguar la variabilidad que se presenta. Además, se demostró la importancia de conocer otros niveles de inventario en los cuales cada tipo de buffer se especializa en un momento específico del tiempo de la demanda proyectada.
- La herramienta propuesta facilitó la comparación de una de las políticas más utilizadas (S,T), el DDMRP y la política actual. Se evidenciaron reducciones significativamente altas de la comparación de la metodología propuesta en relación con los obtenidos por la política actual, donde el DDMRP obtuvo una reducción promedio de costos del 74.77% para la totalidad de insumos y productos terminados analizados. De igual forma, se presenta una reducción importante frente a la política de comparación planteada EOQ, donde este porcentaje equivale al 40.5%.

- Haciendo referencia al stock de seguridad en la política actual, se denota su exceso en comparación a la metodología propuesta, **donde para la actual esta cantidad representa un 37% y más para todos los productos terminados sobre el inventario total manejado, mientras que de acuerdo a los resultados arrojados estos pasan a representar el 9% y menos.** Esto puede influir en la frescura del producto que se entrega, pues llevará mucho tiempo almacenado dificultando la rotación de las existencias en el inventario y de igual manera incurriría en costos excesivos como se evidencia en el costo total de esta política.
- Del cálculo de los indicadores se evidencia una mejora después de la implementación de la herramienta demostrando la influencia de la gestión correcta sobre los procesos macro de Colarnicos. Esta mejora es más clara para la carne de hamburguesa, producto más vendido por la empresa, donde se observa un aumento del **134.18%** con respecto al índice de rotación de mercancías y una disminución del **87.25%** para el índice de duración de mercancías, estos directamente implicados en los costos totales. Lo anterior para la simulación aplicada por la herramienta basada en la metodología DDMRP frente al mes de febrero con datos reales de la empresa. Esto se debe a que entre menor sea el inventario en el almacén, la rotación de mercancías se presentará con más frecuencia y su duración en almacenamiento será inferior.
- El ahorro acumulado generado por la metodología DDMRP para todos los productos, **incluyendo producto terminado y materia prima,** tienen una tendencia creciente demostrando que el impacto del uso de la herramienta es claro. **Donde se evidencia un ahorro significativo en la suma de todas las réplicas en comparación a los costos de la política actual.**

### Recomendaciones

- En una segunda versión de la herramienta se propone integrar el cálculo de los indicadores analizados en el proyecto, de tal forma que estos sean evaluados automáticamente a medida que la herramienta se utilice y se ingresen más datos.
- Al ser un modelo replicable para otras empresas, es recomendable contar con la mayor cantidad posible de datos históricos veraces, pues esto influye en la exactitud de los resultados. **Esto es igualmente necesario al tomar la decisión del método de pronósticos más conveniente, pues a medida que se vaya agregando información el comportamiento de la demanda puede cambiar. Además, al contar con más datos más desagregados diariamente de la demanda, surge la posibilidad de analizar esta demanda más a detalle logrando obtener resultados y análisis más allá de los posibles en este momento.**
- Debido a que la herramienta fue desarrollada particularmente en el sector cárnico, se sugiere adaptar los aspectos y parámetros según las necesidades y requerimientos del sector en el que se utilice.

### Glosario

**DDMRP:** La planificación de las necesidades de material impulsada por la demanda o Demand Driven Material Requirements Planning, es una metodología para modelar, planear y gestionar las cadenas de suministro con el objetivo de promover y proteger el flujo de materiales e información relevantes. Esta metodología permite agilidad y flexibilidad en la gestión de inventarios. (Ptak y Smith, 2011).

**Buffer:** En DDMRP, los perfiles y niveles de amortiguación (Buffer) proporcionan una posición adecuada y estratégica para reducir la variabilidad tanto de la demanda como de la oferta. Se revisa desde la gestión de

inventario convencional en términos del inventario de nivel estacional en zonas codificadas por colores que comprenden el buffer total (Shofa y Widyarto, 2017).

**Estimación de la demanda:** La estimación de la demanda comprende las técnicas usadas para realizar la predicción futura de la demanda de un producto. El objetivo de un pronóstico es posibilitar las decisiones sobre el futuro y posibilitar las decisiones sobre el futuro y proporcionar una estimación del riesgo involucrado en la decisión (Contreras, et al 2016).

## 11. Referencias

- Abud, M. (2012). Calidad en la Industria del Software . La Norma ISO-25000. 2–4.
- Anggraeni, W., Vinarti, R. A., & Kurniawati, Y. D. (2015). Performance Comparisons between Arima and Arimax Method in Moslem Kids Clothes Demand Forecasting: Case Study. *Procedia Computer Science*, 72, 630–637. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.12.172>
- Arrieta Rodríguez, D. A., & Cardona, D. (2018). Análisis DOFA del sector logístico portuario de la ciudad de Cartagena I. 1–14.
- Ballou, R. H. (2004). *Logística: administración de la cadena de suministro*. Mexico: Prentice Hall.
- Banda Izeta, M. B., Banda Izeta, H., Guillermián Calderón, H., Juárez Solís, S., & Rico Mesa, J. H. (2019). ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DEL CENTRO DE REINSERCIÓN SOCIAL DE TABASCO (CREST) ANALYSIS. 1–11. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Basallo Triana, M. J., Rodríguez Sarasty, J. A., & Benitez Restrepo, H. D. (2017). Analogue-based demand forecasting of short life-cycle products: a regression approach and a comprehensive assessment. *International Journal of Production Research*, 55(8), 2336–2350. <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1241443>
- Bottani, E., Ferretti, G., Montanari, R., & Rinaldi, M. (2014). Analysis and optimisation of inventory management policies for perishable food products: A simulation study. *International Journal of Simulation and Process Modelling*, 9(1–2), 16–32. <https://doi.org/10.1504/IJSPM.2014.061429>
- Bregni, A., D’avino, M., & Schiraldi, M. M. (2011). A new approach to lower MRP nervousness. *Annals of DAAAM and Proceedings of the International DAAAM Symposium*, (June), 1513–1514
- Calderón, J. L., & Lario, F. (2005). Análisis del modelo SCOR para la Gestión de la Cadena de Suministro. Proyecto de Investigación del Programa de Doctorado Gestión de la Cadena de Suministro en el contexto de Empresa Virtual, Ingeniería y Modelización Empresarial. Universidad Politécnica de Valencia.
- Cano, P. O., Carrasco, F. O., Flores, J. L. M., Moreno, Y. M., & Nava, G. L. (2015). Modelo de gestión logística para pequeñas y medianas empresas en México. *Contaduría y Administración*, 60(1), 181–203. [https://doi.org/10.1016/S0186-1042\(15\)72151-0](https://doi.org/10.1016/S0186-1042(15)72151-0)
- Carol Ptak; Chad Smith Orlicky's. (2011). *Material Requirements Planning, Third Edition* (McGraw-Hill Education: New York, Chicago, San Francisco, Lisbon, London, Madrid, Mexico City, Milan, New Delhi, San Juan, Seoul, Singapore, Sydney, Toronto). <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071755634>
- Castrejón Moncado, J., Raymundo Ramos, M. F., & Edison Effer, A. T. (2019). Universidad peruana union. 1–14.

Computers and Electronics in Agriculture, 117, 22–30. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2015.07.006>

Contreras Juárez, A., Atzirry Zuñiga, C., Martínez Flores, J. L., & Sánchez Partida, D. (2016). Análisis de series de tiempo en el pronóstico de la demanda de almacenamiento de productos perecederos. *Estudios Gerenciales*, 32(141), 387–396. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2016.11.002>

Cools, M., Moons, E., & Wets, G. (2009). Investigating the variability in daily traffic counts through use of ARIMAX and SARIMAX models. *Transportation Research Record*, (2136), 57–66. <https://doi.org/10.3141/2136-07>

Damand, D., Derrouiche, R., & Barth, M. (2013). Parameterisation of the MRP method: Automatic identification and extraction of properties. *International Journal of Production Research*, 51(18), 5658–5669. <https://doi.org/10.1080/00207543.2013.810819>

Departamento Nacional de Planeación (2018). Colombia avanzó 36 puestos a nivel mundial en Desempeño Logístico en los dos últimos años. Retrieved August 8, 2019, from <https://www.dnp.gov.co/Paginas/Colombia-avanzó-36-puestos-a-nivel-mundial-en-Desempeño-Logístico-en-los-dos-últimos-años.aspx>

Dinero, R. (2016, 09 15). *Revista Dinero*. Retrieved July 18, 2019, from <https://www.dinero.com/edicion-impresa/caratula/articulo/porcentaje-y-contribucion-de-las-pymes-en-colombia/231854>

Escobar, J. W., Linfati, R., & Jaimes, W. A. (2017). Gestión de Inventarios para distribuidores de productos perecederos. 3461.

Fanoodi, B., Malmir, B., & Jahantigh, F. F. (2019). Reducing demand uncertainty in the platelet supply chain through artificial neural networks and ARIMA models. *Computers in Biology and Medicine*, 113(August), 103415. <https://doi.org/10.1016/j.compbimed.2019.103415>

Gui, S., Feng, W., & Zhang, Z. (2010). Research on multi-echelon inventory model of cold-chain logistics on random demand. 2010 International Conference on Logistics Systems and Intelligent Management, ICLSIM 2010, 3, 1454–1457. <https://doi.org/10.1109/ICLSIM.2010.5461208>

Ikasari, D. M., Lestari, E. R., & Prastya, E. (2018). Inventory control of raw material using silver meal heuristic method in PR. *Trubus Alami Malang. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 131(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/131/1/012024>

INVIMA. (8 de Agosto de 2007). INVIMA.Obtenido de [https://paginaweb.invima.gov.co/images/pdf/informate/Plantas\\_Beneficio/CARTILLA\\_DECRETO\\_1500\\_2007.pdf](https://paginaweb.invima.gov.co/images/pdf/informate/Plantas_Beneficio/CARTILLA_DECRETO_1500_2007.pdf)

Izar, J. M., & Méndez, H. (2013). Estudio Comparativo de la aplicación de 6 modelos de inventarios. 217–232.

Izar Landeta, J. M., Ynzunza Cortés, C. B., & Guarneros García, O. (2016). Variabilidad de la demanda del tiempo de entrega, existencias de seguridad y costo del inventario. *Contaduría y Administración*, 61(3), 499–513. <https://doi.org/10.1016/j.cya.2015.11.008>

Izar Landeta, J., Ynzunza Cortés, C., & Sarmiento Rebeles, R. (2012). Determinación del Costo del Inventario con el Método Híbrido. *ConCiencia Tecnológica*, (44), 30–35.

Jaber, M. Y., & Bonney, M. (2007). Economic manufacture quantity (EMQ) model with lot-size dependent learning and forgetting rates. *International Journal of Production Economics*, 108(1–2), 359–367. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2006.12.020>

Johnson, C. N. (2016). The benefits of PDCA. *Quality Progress*, 49(1), 45.

Juárez, A. C., Zuñiga, C. A., Flores, J. L. M., & Partida, D. S. (2016). Análisis de series de tiempo en el pronóstico de la demanda de almacenamiento de productos perecederos. *Estudios Gerenciales*, 32(141), 387–396. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2016.11.002>

Garrido, I. Y., & Cejas, M. (2017). Inventory Management as a Strategic Factor in Business Administration. *Scientific E-Journal of Management Science*, 12(37), 109–129. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=asn&AN=124589377&lang=es>

Graves, S. C., & Willems, S. P. (1998). Optimizing Strategic Safety Stock Placement in Supply Chains. *Manufacturing and Service Operations Management*, 5(2), 1–59. <https://doi.org/10.1287/msom.5.2.176.16074>

Gutiérrez, V., & Vidal, C. J. (2008). Modelos de Gestión de Inventarios en Cadenas de Abastecimiento: Revisión de la Literatura Inventory Management Models in Supply Chains: A Literature Review. *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia N.º*, 43, 134–149

Guzmán Lozada, A.D. & Burgos Burgos, J.E. (2016): “La estructura organizacional un componente básico en la evaluación del control interno de las pymes de la provincia de El Oro- Republica del Ecuador”, *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*, Ecuador, (septiembre 2016). En línea: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ec/2016/control.html>

Kherbach, O., & Mocan, M. L. (2016). The Importance of Logistics and Supply Chain Management in the Enhancement of Romanian SMEs. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 405–413.

Kot, S., Goldbach, I. R., & Ślusarczyk, B. (2018). Supply chain management in SMES – Polish and Romanian approach. *Economics and Sociology*, 11(4), 142–156. <https://doi.org/10.14254/2071-789X.2018/11-4/9>

Kovačić, D., Hontoria, E., Bogataj, M., & Ros, L. (2012). Application of the Extended Mrp Theory To a Baby Food Company. *Croatian Operational Research Review*, 3(1), 41–51.

Kumar, R., & Kumar Singh, R. (2017). Coordination and responsiveness issues in SME supply chains: a review. *Benchmarking*, 24(3), 635–650. <https://doi.org/10.1108/BIJ-03-2016-0041>

Li, Q., & Disney, S. M. (2017). Revisiting rescheduling: MRP nervousness and the bullwhip effect. *International Journal of Production Research*, 55(7), 1992–2012. <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1261196>

Mazo, A. Z., Andrea, P., Parra, M., Yaneth, É., & Giraldo, G. (n.d.). SUPPLY CHAIN MANAGEMENT STRATEGIES BASED ON DEMAND PLANNING IN COLOMBIA.

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

Méndez Giraldu, G. A., & Lopez Santana, E. R. (2015). Metodología para el pronóstico de la demanda en ambientes multiproducto y de alta variabilidad. *Revista Tecnura*, 18(40), 89. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2014.2.a07>

Miclo, R., Fontanili, F., Lauras, M., Lamothe, J., & Milian, B. (2016). An empirical comparison of MRPII and Demand-Driven MRP. *IFAC-PapersOnLine*, 49(12), 1725–1730. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.07.831>

Minculete, G., & Olar, P. (2019). Functional Approaches to Scor Model in the Supply Chain Management Processes (Part I). *Revista de Management Comparat Internațional*, 19(2), 136–144. <https://doi.org/10.24818/RMCI.2019.2.171>

Miño-Cascante, G., Saumell-Fonseca, E., Toledo-Borrego, A., Roldan-Ruenes, A., & Moreno García, R. R. (2015). *Tecnología Química*. *Tecnología Química*, 35(2), 208–219. Retrieved from [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-61852015000200007&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852015000200007&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

Mora García, L. A. (2008). Indicadores de gestión logística. *Logística Comercial Internacional*, 12–140. <https://doi.org/10.2307/j.ctvdf0jt2.9>

Olivos, P. C., Carrasco, F. O., Flores, J. L. M., Moreno, Y. M., & Nava, G. L. (2015). Modelo de gestión logística para pequeñas y medianas empresas en México. *Contaduría y Administración*, 60(1), 181–203. [https://doi.org/10.1016/S0186-1042\(15\)72151-0](https://doi.org/10.1016/S0186-1042(15)72151-0)

Ollague Valarezo, J. K., Ramón Ramón, D. I., Soto Gonzalez, C. O., & Novillo Maldonado, E. F. (2017). Indicadores Financieros de Gestión: análisis e interpretación desde una visión retrospectiva y prospectiva. *INNOVA Research Journal*, 2(8.1), 22–41. <https://doi.org/10.33890/innova.v2.n8.1.2017.328>

Onggo, B. S., Panadero, J., Corlu, C. G., & Juan, A. A. (2019). Agri-food supply chains with stochastic demands: A multi-period inventory routing problem with perishable products. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 97(May). <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2019.101970>

Peñaloza López, J. D. (2016). Implementación y uso de indicadores de gestión en el área logística como herramienta para tomar decisiones. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 1–22. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Ponce, M. (2014). Impacto de los indicadores de control de inventarios en la cadena de suministro. En línea: <http://hdl.handle.net/10654/13370>.

Procolombia. (2015). Logística de perecederos y cadena de frío en Colombia. Cartilla Cadena de Frío, 112. Retrieved from [http://www.procolombia.co/sites/all/modules/custom/mccann/mccann\\_ruta\\_exportadora/files/06-cartilla-caden-a-frio.pdf](http://www.procolombia.co/sites/all/modules/custom/mccann/mccann_ruta_exportadora/files/06-cartilla-caden-a-frio.pdf)

Raut, R. D., Gardas, B. B., Narwane, V. S., & Narkhede, B. E. (2019). Improvement in the food losses in fruits and vegetable supply chain - a perspective of cold third-party logistics approach. *Operations Research Perspectives*, 6(June), 100117. <https://doi.org/10.1016/j.orp.2019.100117>

Sanchis, Raquel, Poler, Raúl, & Ortiz, Ángel. (2009). Técnicas para el Modelado de Procesos de Negocio en Cadenas de Suministro. *Información tecnológica*, 20(2), 29–40. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642009000200005>

Simionescu, M. (2014). New strategies to improve the accuracy of predictions based on Monte Carlo and bootstrap simulations: An application to Bulgarian and Romanian inflation. *Revista de Metodos Cuantitativos Para La Economía y La Empresa*, 18(1), 112–129.



Shin, M., Lee, H., Ryu, K., Cho, Y., & Son, Y. J. (2019). A two-phased perishable inventory model for production planning in a food industry. *Computers and Industrial Engineering*, 133(May), 175–185. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.05.010>

Shofa, M. J., & Widyarto, W. O. (2017). Effective production control in an automotive industry: MRP vs. demand-driven MRP. *AIP Conference Proceedings*, 1855(June), 1–9. <https://doi.org/10.1063/1.4985449>

Silva, P. P. B., Bonilla, M. B. V., & Amariles, J. D. H. (2015). Diseño, Desarrollo y Validación del Sistema de Información de Transporte y Mensajería de Audifarma SA (SITA). *Scientia et Technica*, 20(4), 350-356.

Snyder, R. (2002). Forecasting sales of slow and fast moving inventories. *European Journal of Operational Research*, 140(3), 684–699. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(01\)00231-4](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00231-4)

Sun, X., Wu, C. C., & Chen, L. R. (2018). Cold Chain Logistics Distribution Optimization for Fresh Processing Factory Based on Linear Programming Model. *Proceedings of 2018 IEEE 3rd Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference, IAEAC 2018, (Iaeac)*, 593–597. <https://doi.org/10.1109/IAEAC.2018.8577759>

Thakur, M., & Forås, E. (2015). EPCIS based online temperature monitoring and traceability in a cold meat chain.

Toledo Chicaiza, M.; Ordoñez Buitrago, G., & Martínez Escobar, N. (2018). Revisión de modelos de políticas de inventarios para determinar su aplicabilidad en la gestión de inventarios de repuestos en un ingenio azucarero del Valle del Cauca (Período 2013-2018). 24 páginas.

Vidal Holguin, C. J. (2010). *Fundamentos De Control Y Gestión*. Retrieved from <http://revistas.univalle.edu.co/omp/index.php/programaeditorial/catalog/download/48/20/279-1?inline=1>

Vizarreta Molina, C. L., & Yoplac Santos, M. (2018). Indicadores de gestión logística en la empresa Docresa S.A.,Lurin, 2018. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 15(4), 2046–2069. <https://doi.org/10.1109/COMST.2015.2457491>

Xu, N., Gong, Y., & Bai, J. (2019). Adaptive Grey Prediction Model with Application to Demand Forecasting of Chinese Logistics Industry. 31(1), 128–141.