

## [201008] Diseño de un modelo de gestión de producción e inventarios para una empresa textil.

Loor Melisa Cure Vélez 1<sup>a,c</sup>, Stefano Andrés Mendes Gaschteff 2<sup>a,c</sup>, Nathalie Michelle Pántano Mosquera 3<sup>a,c</sup>, Juan Pablo Ricaurte Becerra 4<sup>a,c</sup>

Raúl Fabián Roldán Nariño<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

---

### Abstract

Whitman is a textile company dedicated to the production and commercialization of high-quality men's clothing products, most of them are fabricated in their production plant located in Toberín, Bogotá; and a small portion is outsourced. This company has focused on dressing the Colombian executive, offering him more than 100 different clothes references, distributed in 13 categories: Coats, blazers, jackets, shirts, t-shirts, pants, suits, jackets, footwear, vests, socks, accessories, and hand-made clothes. By using their stores, Whitman uses a B2C (Business to Client) sales channel, their stores are located in Unicentro, Plaza Claro, and Paseo la Cabrera.

Making business decisions that are not based on relevant databases or studies could result in adversities that end up taking the company away from its vision and goals. Regarding the issue of production and inventories, decision-making must be based on adequate administration, analysis, and control of information. Therefore, the growth of the company will be benefited thus avoiding excess stocks or a deficit, causing unnecessary costs.

Attributable to the great acceptance of Whitman in the Colombian market, there has been an accelerated increase in their demand; however, concerning the company's production logistics, Whitman wasn't prepared for it. By the lack of standardization and inefficient production management, the company has experimented avoidable costs and lost possible incomes. Due to the absence of appropriate data analysis, as well as efficiency and economic indicators, Whitman hasn't been able to properly evaluate their current situation therefore they haven't been proficient in dealing with the improvement of the company. Currently, most of the production decisions like the proportion of sizes, colors, and quantities are made by the CEO based on unsupported assumptions.

Therefore, our proposal focuses on designing a production and inventory management tool based on mathematical models that could support us to understand the behavior of the iconic reference's demands; in order to suggest new inventory and distribution policies. All this is in pursuit of achieving the adequate planning of product orders within the supply chain, optimizing service levels, increasing availability of the products in the required times, achieving efficient use of the company's resources that results in an economic benefit for Whitman.

Once analysis and standardization of the last sales data had been carried out, the following methodology was developed; Initially, based on the product rotation and the economic benefit from each product, the main references were identified by using the Pareto chart and data evaluation from the last year's sales of the company. Subsequently, there is an analysis of the last sales of the selected products to evidence and understand the behavior of the demand curve, to be able to forecast the demand for the next periods. Additionally, data analysis was carried out in order to completely understand their current situation and their growth opportunity areas so as to make the determination of the corresponding variables, parameters, and restrictions that are the base of the mathematical model that works as a data storage and organizer; which is helpful as well as for the decision making as for the comparison between the current situation and the proposal in different areas, like economically and on the level of service achieved.

In order to make significant improvements within an organization, it's important to have a standardized improvement model to follow, for which the DMAIC process is used to address the methodology of this work, which is an improvement process

that uses the Six Sigma methodology, a model that follows a structured and disciplined format consisting of 5 phases logically connected to each other, define, measure, analyze, improve and control.

There is the objective of developing an optimization tool that would be helpful in the moment of making decisions about production and inventory policies in order to improve the operational management and in consequence perceive an upturn in profits. Additionally, to structure a model that would allow a correct development and optimization of resources, the corresponding restrictions were proposed that would limit the model adequately, taking into account the maximum amount of production, the inventory of each store according to its presentation of storage, the capacity of each store; seeking an improvement in the level of service and also a reduction in costs in terms of over-stock and missing units, thus achieving the proper management of resources that the company pursues.

The proposal developed allowed the company to have a beneficial impact on the level of service for each of the selected references in the different stores, and a reduction in the costs incurred for excess and missing references compared to the current situation of the company and its current policies.

DATOS ESPECIFICOS DE CADA REFERENCIA						
REFERENCIA	COSTOS					
	CI			CUF	COP	CAD
	Retiro	Plaza Claro	Unicentro			
AMARANTE	\$ 11,664.00	\$ 12,442.00	\$ 29,703	\$ 132,371	\$ 27,342	\$ 273,420.00
LASER	\$ 11,664.00	\$ 12,442.00	\$ 29,703	\$ 216,404	\$ 27,342	\$ 273,420.00
POET	\$ 11,664.00	\$ 12,442.00	\$ 29,703	\$ 182,950	\$ 30,672	\$ 306,717.00
BEDFORD	\$ 11,664.00	\$ 12,442.00	\$ 29,703	\$ 176,223	\$ 14,395	\$ 143,949.00
CAMDEN	\$ 11,664.00	\$ 12,442.00	\$ 29,703	\$ 192,030	\$ 14,395	\$ 143,949.00
OCCONOR	\$ 11,664.00	\$ 12,442.00	\$ 29,703	\$ 108,996	\$ 14,395	\$ 143,949.00
PRESLEY	\$ 11,664.00	\$ 12,442.00	\$ 29,703	\$ 125,803	\$ 14,395	\$ 143,949.00
CUADROS	\$ 11,664.00	\$ 12,442.00	\$ 29,703	\$ 49,909	\$ 5,599	\$ 55,991.00
WHITMAN	\$ 11,664.00	\$ 12,442.00	\$ 29,703	\$ 75,119	\$ 5,599	\$ 55,991.00
CANNES	\$ 11,664.00	\$ 12,442.00	\$ 29,703	\$ 45,396	\$ 6,082	\$ 60,816.00
NEW YORK	\$ 11,664.00	\$ 12,442.00	\$ 29,703	\$ 45,396	\$ 6,082	\$ 60,816.00
SAN DIEGO	\$ 11,664.00	\$ 12,442.00	\$ 29,703	\$ 45,396	\$ 6,082	\$ 60,816.00

Tabla 1. Costos identificados en el modelo

REFERENCIA	Eij			Q max	I max ijz			Dist ijk											
	E Ret.	P Cla	E. Unic.		Ret	P.Cla	Unic.	Retiro				Plaza Claro				Unicentro			
								\$	M	L	XL	\$	M	L	XL	\$	M	L	XL
AMARANTE	51%	45%	26%	35	30	30	35	31%	31%	24%	14%	35%	35%	24%	5%	24%	36%	24%	17%
LASER	46%	24%	48%	35	30	30	35	28%	43%	18%	10%	27%	32%	16%	25%	18%	35%	33%	15%
POET	38%	34%	22%	60	50	50	55	28%	33%	22%	17%	28%	36%	25%	11%	30%	30%	23%	16%
BEDFORD	28%	36%	25%	30	15	15	20	28%	32%	27%	13%	27%	36%	27%	9%	33%	10%	34%	22%
CAMDEN	12%	12%	61%	30	15	15	20	26%	35%	25%	13%	21%	52%	17%	10%	17%	41%	27%	15%
OCCONOR	19%	33%	49%	30	15	15	20	34%	28%	33%	5%	6%	63%	19%	13%	40%	28%	28%	5%
PRESLEY	44%	24%	18%	30	15	15	20	20%	38%	30%	13%	21%	40%	30%	9%	16%	39%	22%	23%
CUADROS	28%	36%	27%	120	50	50	55	21%	39%	30%	10%	38%	31%	29%	3%	21%	47%	22%	10%
WHITMAN	29%	28%	15%	120	50	50	55	27%	45%	20%	8%	23%	38%	26%	14%	30%	45%	18%	7%
CANNES	51%	47%	39%	50	50	50	55	33%	38%	21%	8%	28%	38%	21%	14%	23%	45%	21%	12%
NEW YORK	23%	48%	41%	50	50	50	55	22%	46%	22%	10%	33%	34%	25%	9%	29%	39%	24%	8%
SAN DIEGO	45%	33%	54%	50	50	50	55	27%	37%	25%	11%	31%	37%	24%	8%	26%	32%	30%	12%

Tabla 2. Políticas de distribución propuestas

AMARANTE							Paseo Retiro																
n	Dijn	Fijsn	Fijmn	Fijln	Fijxln	P ijkn	Rijsn	Rijmn	Rijln	Rijxln	Ssijsn	Ssijmn	Ssijln	Ssijxln	Iijsn	Iijmn	Iijln	Iijxln	Iijkn	Ufijsn	Ufijmn	Ufijln	Ufijxln
							1	1	1	1	1	1	1	1	5	5	5	5					
1	47	15	15	12	7	10	3	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	5	3	0
2	59	19	19	15	9	10	3	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	15	12	8
3	59	19	19	15	9	10	3	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	15	12	8
4	59	19	19	15	9	10	3	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	15	12	8
5	47	15	15	12	7	10	3	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	11	9	6
6	47	15	15	12	7	10	3	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	11	9	6

Tabla 3. Políticas de producción para la referencia Amarante-Paseo Retiro

GLOBAL					
Σrijkn(u)	Σufijkn(u)	CADj(\$)	COPj(\$)	CUF j(\$)	CIji(\$)
34	43	\$ 9,296,280.00	\$ 191,394.00	\$ 5,691,953	\$ 690,646
34	105	\$ 9,296,280.00	\$ 109,368.00	\$ 13,898,955	\$ 690,646
34	115	\$ 9,296,280.00	\$ 109,368.00	\$ 15,222,665	\$ 690,646
34	110	\$ 9,296,280.00	\$ 82,026.00	\$ 14,560,810	\$ 690,646
34	110	\$ 9,296,280.00	\$ 54,684.00	\$ 14,560,810	\$ 690,646
34	94	\$ 9,296,280.00	\$ 27,342.00	\$ 12,442,874	\$ 690,646

Tabla 4. Resultados financieros y nivel de servicio para una de las referencias Amarante

Palabras claves: Production, inventory, DRP, confection, textil.

## 1. Justificación y planteamiento del problema

Según datos de la cámara de comercio de Bogotá, el sector textil y confecciones representó el 6% del PIB industrial y aproximadamente el 24% del empleo del país en el 2017, cifras que destacan la importancia de este sector para la economía colombiana. Además, los valores arrojados sobre la producción anual en este sector por la base de datos de Euromonitor (Tabla 5), reflejan un crecimiento considerado en volumen en este mercado y muestra unos pronósticos favorables de tendencia al alza para los próximos períodos. Sin embargo, en la misma Tabla 5 se visualiza que los valores de producción textil evaluados en USD, no presentan este crecimiento, ya que el COP se ha devaluado considerablemente en los últimos años, lo que nos indica que este rubro realmente se encuentra estancado. Específicamente en el subsector de confecciones y su comercialización, se ha mantenido estable en el país a pesar de las crisis que ha enfrentado Colombia a lo largo de los años, como bien lo afirma Vélez el superintendente de sociedades en Colombia, cuando ocurrió la caída de la dinámica industrial en el 2012, las sociedades de los subsectores confecciones y comercialización lograron un comportamiento positivo, y de igual forma el subsector de la confección logró cierto dinamismo económico.

Actividad	Unidad	2016	2017	2018	2019	2020
Industria textil Colombia	COP Millones	25,344,000	26,071,800	27,710,410	29,335,760	31,012,820
	USD Millones	8,298.3	8,835.1	9,375.2	8,941.6	9,251.8

Tabla 5 Producción textil anual, Euromonitor.

Tomando en cuenta los datos históricos de las importaciones textiles en Colombia medidos por Euromonitor (Tabla 6), se observa que la participación internacional en éste sector se ha incrementado a lo largo de los últimos años, y como dice el presidente de la Cámara Colombiana de Confecciones y Afines, Guillermo Criado, el mercado Asiático como representante de éstas importaciones va a estancar la producción textil en Colombia, ya que presentan ventaja competitiva en precios por sus bajos costos de producción y eficiencia. Sin embargo, el gobierno en pro de apoyar la producción nacional, en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) impusieron nuevos aranceles a las importaciones de textiles y confecciones, oportunidad para empresas textiles nacionales tales como nuestro caso de estudio para tecnificar sus procesos, disminuir sus costos de producción y tomar posición en el mercado.

Actividad	Data	Unidad	2016	2017	2018	2019
Importaciones de textiles en Colombia	Indicador socioeconómico.	USD Millones	1,893.8	1,914.4	2,414.9	2,596.8

Tabla 6 Importación textil anual, Euromonitor.

Según Tsan et al, (2010) en la Industria de textiles y prendas de vestir, los ciclos de vida de los productos son cortos y la demanda del mercado es muy volátil por lo cual las cadenas de suministro de prendas de vestir deben ser altamente sensible y capaz de producir productos en cortos tiempos para satisfacer las necesidades del mercado. Como muchas de las empresas nuevas, Whitman (Empresa textil a estudiar) tienen una oportunidad de mejora en cuanto a la cadena de abastecimiento interna, con el objetivo de adaptarse a la incertidumbre de las demandas de cada referencia debido a los comportamientos del mercado. De ahí deriva la importancia de una gerencia eficiente de inventarios basados en pronósticos de demanda, la cual permite a la compañía producir cantidades equivalentes a las demandadas, minimizando costos por falta de existencias y/o por sobre stock.

La empresa para estudiar “WHITMAN” es una compañía colombiana con más de seis años de trayectoria, la cual está enfocada en la producción y comercialización de prendas de vestir para hombre. La empresa posee 4 puntos de ventas al

detal, ubicadas en Unicentro, Paseo la Cabrera, Plaza Claro y por la página web, los cuales son abastecidos por un solo centro de producción ubicado en Toberín, desde este lugar se realizan los despachos a cada punto de venta. Los procesos realizados en Whitman dependen de la línea de negocio: artículos en stock y ropa hecha a la medida manualmente. A su vez, los artículos en stock se dividen en dos ramas, productos tercerizados y productos elaborados en la planta de Whitman. Los pedidos que realiza cada tienda física al centro de distribución se desarrollan semanalmente, a través de un correo electrónico, donde se expresa los productos que hacen falta en cada punto, indicando referencia, color y talla. Para cumplir con la demanda la empresa realiza pronósticos mensuales teniendo en cuenta el período inmediatamente anterior y añaden las necesidades adicionales que se presentan en cada una para realizar los pedidos de materia prima y establecer la cantidad necesaria a los satélites correspondientes.

La correcta toma de decisiones sobre los artículos a almacenar y en qué cantidades dentro de las tiendas y puntos de ventas es de gran relevancia tanto en el aspecto de demanda enfocada en los productos, como también en el tema de organización de las existencias. Dentro de la empresa, encontramos que en este aspecto de manejo de inventarios la compañía tiene procesos por mejorar, ya que en ocasiones ocurre que en los puntos de venta manejan altas existencia de referencias con poca rotación y bajas existencias en productos de alta demanda, lo que resulta en perder ventas y posibilidad de que el cliente opte por un producto sustituto en otra tienda, debido a no emplear niveles eficientes de existencia. Adicionalmente, la empresa actualmente no cuenta con indicadores de eficiencia en el área de producción y finanzas, que impide tener un control cuantificable de los procesos y el cumplimiento de objetivos, obstaculizando la mejora continua de la empresa dada la escasez de registros. Según a Agrawal y Smith (2000) los clientes a menudo están satisfechos con solo uno de varios artículos. La contabilización de la demanda en base al servicio al cliente influye en la elección de los artículos para almacenar y el nivel de inventario óptimo para cada artículo almacenado. Adicionalmente, cuando ciertos artículos no están almacenados, las sustituciones resultantes aumentan la demanda de otros artículos, afectando los niveles de existencias. Sin embargo, el departamento de producción de la empresa no ha priorizado la gestión de inventario y por lo tanto la planificación de los productos no es la adecuada.

De acuerdo a la percepción del director de operaciones y los directores de los centros de distribución la empresa tras la apertura de los dos últimos centros de distribución Plaza Claro y Unicentro , ha tenido un incremento en la demanda inesperado, lo que ha generado la insatisfacción de las necesidades de los clientes por inexistencias en los puntos de venta en el momento correspondiente , trayendo como consecuencia pérdidas en ventas de alrededor de \$1 000 000 000. Esto se debe a la falta de una metodología formal que le permita a la empresa una adecuada toma de decisiones. Igualmente, la carencia de información registrada en una base de datos estructurada que les permita tener un control adecuado sobre su producción y demanda mensual no ha permitido a la empresa determinar los indicadores correspondientes y cumplir con los requerimientos de los clientes.

Por consiguiente, de acuerdo a la información obtenida la propuesta desarrollada por el grupo se centrará en mejorar los niveles de servicio, para así evitar las ventas perdidas que ocurren en la actualidad, empleando el método DRP, Planificación de Recursos de Distribución, para poder desarrollar una metodología que permita la adecuada planificación de órdenes de productos dentro de la cadena de suministro que permita una toma de decisiones acertada, mejorando los niveles de servicio aumentando la disponibilidad de los productos en los tiempos requeridos, logrando un uso eficiente de los recursos de la empresa que resulte en un beneficio económico para la empresa.

## **2. Antecedentes**

Existen diferentes maneras de gestionar las políticas de inventario en una organización. En varias investigaciones se evidencian algunos modelos y algoritmos apropiados para lograr optimizar el inventario de una empresa dependiendo de su cadena de suministro. Little et al, (2008) plantea un modelo basado en restricciones para determinar los niveles de inventario óptimos para todos los productos en una ubicación de almacenamiento, teniendo en cuenta restricciones de espacio, entrega y la importancia de los artículos. Davino et al, (2013) prueba que el algoritmo Rev MRP es mejor que el MRP para reducir drásticamente los niveles de inventario de la cadena de suministro incluso en caso de actualizaciones frecuentes de pronósticos. Zavanella et al, (2010) Evidenció que aplicando el modelo de stock en consignación (SC) se lograba un beneficio económico para todas las partes de la cadena de suministro (proveedor y cliente). Sánchez et al (2013) concluyó que el modelo de simulación que evalúa las mejores alternativas de selección de los niveles de inventario es el optimizador

GAWizard. Sin embargo, es importante relacionar el manejo de inventario con la demanda de la empresa y por eso se deben evaluar como un conjunto y no por separado.

Varios investigadores han evaluado diferentes formas de pronosticar la demanda con relación a la gestión de inventarios ya que son temas que tienen un impacto económico alto en las empresas. La mayoría de las investigaciones integran ambos temas, proponiendo mejoras a los algoritmos más comunes. Ferbar, (2010) propone un modelo basado en el método de suavizado exponencial en donde se consigue optimizar el pronóstico de la demanda y las políticas de control de existencias, reduciendo las acciones emergentes para evitar la pérdida de ventas por falta de inventario y los rompimientos de inventario totales (inventarios en cero entre dos compras consecutivas). Snyder et al, (2002) también comprueba que el modelo de suavizado exponencial es el más apropiado para sistemas con variantes y altas incertidumbres al momento de pronosticar las ventas relacionado con la gestión de inventarios y también propone un método para establecer niveles de orden ascendente y niveles de reordenamiento directamente desde las distribuciones de predicción simuladas. Teunter et al, (2011) propone el método Croston para pronosticar demandas intermitentes. Tiacci et al, (2009) demuestra que los métodos de pronóstico de demanda deben evaluarse sobre la base de los costos totales y el nivel de servicio del sistema de control de inventario global y no sobre las medidas tradicionales de errores de pronósticos. Hawari et al (2013) construye un modelo de simulación para analizar el rendimiento de una cadena de suministro compuesta por un minorista, distribuidor, fabricante y proveedor analizando las políticas de inventario y pronósticos de demanda. Marín et al, (2013) expone un modelo de gestión de inventarios y abastecimiento que parte de pronósticos de ventas calculados por el método de Holt-Winters. Sin embargo, es importante evaluar el sistema de pedidos de una empresa para obtener mejores resultados de pronósticos de demanda y de inventarios.

Para encontrar la cantidad óptima de unidades que se debe hacer de cada producto dentro de una compañía, se crea un sistema de pedidos en donde se realiza un pronóstico de las demandas con respecto a los periodos anteriores, para así reducir los costos de inventario y de producción. Para ello Lagodimos, A. G., Skouri, K., Christou, I. T., & Chountalas, P. T. (2018) utilizó un modelo EOQ. En donde el tiempo en lugar de ser continuo, forma una secuencia de periodos unitarios. Las implicaciones de este supuesto se exploran para una demanda determinista. Este modelo está bajo la política (T, S). Esta política es denominada como revisión periódica de orden a nivel. En el artículo de R. Y. K. Fung, X. Ma & H. C. W. Lau (2001) explica que el modelo matemático de la política (T, S) para los sistemas de inventario de un solo artículo se extiende a los sistemas de inventario de varios artículos más realistas con demandas compuestas de Poisson, tiempos de entrega de reabastecimiento positivos y restricciones de nivel de servicio. En este documento, Heath, D. C., & Jackson, P. L. (1994) propone un modelo probabilístico general para modelar la evolución de los pronósticos de demanda, denominado "Modelo Martingale de Evolución de Pronósticos" (MMFE), en donde se combina el MMFE con un modelo de programación lineal de planificación de producción y distribución implementado en un horizonte continuo. La metodología de simulación resultante se utiliza para analizar los niveles de existencias de seguridad para un sistema de producción / distribución multiproducto / multiplanta con demanda estocástica estacional.

En las organizaciones las cadenas de suministro ayudan para que los consumidores finales obtengan lo que necesiten, cuándo y dónde quieran. Por lo tanto, es necesario administrar mejor el inventario y anticipar las necesidades operacionales en tiempo real. Panzuto, N. da S. y Rodrigues, PCC (2011) observó que no existía ningún tipo de control de inventario de materias primas en proceso y de producto terminado, en donde implementó el sistema Kanban para la producción para facilitar la identificación del producto y mantener la trazabilidad del proceso de producción. Todo esto conlleva a una mayor eficiencia y eficacia del manejo de inventarios. Fahimnia, B., Luong, L., & Marian, R. (2011) realizó un estudio de caso de la vida real que incorpora la producción de diferentes tipos de productos en varias plantas de fabricación y la distribución de productos terminados de las plantas a varios usuarios finales a través de múltiples directos / indirectos. rutas de transporte. Para ello empleó el algoritmo genético (GA), conocido como una técnica robusta para resolver problemas complejos, se emplea para la optimización del modelo matemático desarrollado debido a su capacidad para manejar eficazmente una gran cantidad de parámetros. Esto motiva el desarrollo de sistemas híbridos que combinan diferentes técnicas y sus respectivas fortalezas. Aburto, L., & Weber, R. (2007) presenta un sistema inteligente híbrido que combina modelos de media móvil integrada autorregresiva (ARIMA) y redes neuronales para el pronóstico de la demanda. Se mostraron mejoras en la precisión de los pronósticos y proponen un sistema de reabastecimiento, que conduce simultáneamente a menos fallas de ventas y niveles de inventario más bajos que la solución anterior.

En nuestro proyecto realizaremos el pronóstico de la demanda y evaluaremos al comportamiento de la demanda de las cinco referencias más representativas, identificando sus políticas de producción y distribución, con ello encontraremos el

costo beneficio de este proyecto y el actual, el mejoramiento del nivel de servicio actual de la empresa, para así incrementar las utilidades de la organización y reducir los costos de ella.

### 3. Objetivos

#### Objetivo general

*Diseñar una propuesta que permita planificar la asignación de producto terminado e inventario en los puntos de venta con un enfoque en la reducción de costos y nivel de servicio.*

#### Objetivos específicos

- Determinar la situación actual de la empresa
- Evaluar la demanda a través de pronósticos de las referencias más representativas usando modelos cuantitativos.
- Diseñar la planeación de los requerimientos de distribución con el fin de planear y controlar la asignación de producto de cara a la satisfacción de la demanda.
- Simular el modelo propuesto para evaluar el impacto económico a través de un análisis costo-beneficio y el nivel de servicio frente a la situación actual de la empresa.

### 4. Metodología

#### 4.1 Determinar la situación actual de la empresa

Teniendo en cuenta que uno de los integrantes del grupo tuvo la oportunidad de trabajar dentro de la empresa en el área de atención al público, se pudo identificar que existían ciertas inconformidades por parte de los clientes en los puntos de venta con respecto a la falta de disponibilidad de ciertos productos. Por lo anterior, se decidió analizar la situación actual de la empresa con el objetivo de encontrar oportunidades de mejora para estos aspectos.

Para la recolección de datos se contó con el apoyo del director de operaciones de Whitman, quien facilitó los estados financieros y la información histórica de ventas de los años 2019 y 2020 para cada una de las tiendas. Así mismo, explicó el funcionamiento de la empresa en relación con sus políticas de inventarios y de adquisición de producto actuales, además de los problemas internos que posee la compañía.

Teniendo en cuenta lo anterior, se decidió cuantificar el nivel de servicio tipo II ( $\beta$ ), el cual determina el porcentaje de unidades no faltantes en cada uno de los puntos de venta por referencia. Para su cálculo, se realizó una encuesta al personal encargado de cada tienda, y de esta manera se logró obtener la información pertinente para el cálculo de este indicador.

#### 4.2 Evaluar la demanda a través de pronósticos de las referencias más representativas usando modelos cuantitativos.

Inicialmente al recibir la información histórica de la empresa fue imprescindible realizar una depuración de datos ya que estos no se encontraban estandarizados. Luego, se realizó un diagrama de Pareto en función del beneficio económico para así seleccionar las 5 categorías más representativas dentro de la empresa. Al obtener los resultados anteriores, se dio inicio con la determinación de variables y de indicadores para lograr limitar los requerimientos y así obtener las referencias icónicas asociadas a las categorías escogidas.

Lo que se busca con estos indicadores es evidenciar las referencias que han perdurado en el tiempo y que actualmente siguen activas. Además, es importante conocer que dicha referencia fuera relevante en cuanto a rotación para Whitman y que se destacara por encima de las demás. Una vez se cumplen estos tres indicadores se puede categorizar una referencia como icónica.

Con el objetivo de realizar los pronósticos para cada referencia se utilizaron las ventas de las referencias icónicas del año 2019 e inicios del 2020. Sin embargo, los resultados obtenidos en esta primera fase eran de MAPE superiores al 200%, por lo tanto, se decidió hacer una reestructuración de los datos ya que se identificó que en cada una de las semanas existían valores atípicos, unos eran porque en esos periodos había diferentes festividades y otros porque en esa semana no se vendió el producto (debido a que no se contaba con existencias en inventario). Por ello se decidió diseñar un método que permitió calcular los verdaderos valores de la demanda en cada uno de los meses para evitar valores atípicos y valores en 0.

Conociendo la demanda real de la empresa se realizaron diferentes pronósticos con varios modelos. Esto se realizó en Excel y con ayuda de la herramienta Solver se logró evidenciar cual era el modelo de pronóstico que mejor le funcionaba a cada referencia por tienda. En este caso se tomó como prioridad analizar el MAPE (error porcentual absoluto medio), el modelo que menor error tenía era el que se elegía. Posteriormente con los diferentes pronósticos realizados para cada referencia se hizo un comparativo con el modelo utilizado por la empresa.

Teniendo la información de las políticas de producción y distribución, se realizaron los cálculos pertinentes para determinar qué cantidad de unidades por referencia le correspondía a cada tienda por periodo. Para poder comparar los modelos de manera equitativa se pronosticó la demanda de los últimos tres periodos de los cuales se tenía la información de la demanda real de la empresa. Esto se realizó tanto con el modelo sugerido, como con las políticas actuales de Whitman. Con esos resultados se calculó un error para comparar con la demanda real y saber cuál modelo era mejor y con el que era recomendable pronosticar el resto de los periodos. El error se calculó de la siguiente manera:

$$\text{error} = \frac{\text{demanda pronosticada} - \text{demanda real}}{\text{demanda real}}$$

Ecuación 1. Error

Lo anterior se realizó para cada periodo que se pronosticó y luego se sacó un promedio del error de los tres periodos y se escogió la metodología de pronóstico del menor error promediado.

#### **4.3 Diseñar la planeación de los requerimientos de distribución con el fin de planear y controlar la asignación de producto de cara a la satisfacción de la demanda.**

En esta parte del trabajo se lleva a cabo un método de planificación de los recursos de distribución (DRP) como herramienta base para establecer políticas de asignación de producto para cada punto de venta, esto en pro de buscar una mejora significativa en los niveles de servicio ( $\beta$ ) y costos de ejercicio frente a la situación actual de la empresa. Para lograr este resultado, se llevó a cabo la siguiente metodología.

Inicialmente, aplicando los métodos de pronósticos concluidos en el objetivo anterior, se pronosticó la demanda de cada referencia para cada punto de venta en un horizonte de tiempo futuro. Seguidamente, se determinó un método que lograra disminuir la incertidumbre de pronóstico resultante del error, y, se halló una variable que permitiera desagregar de forma eficiente la demanda de las referencias. Por último, se estableció una política para determinar el stock de seguridad en cada caso. Para así obtener de forma eficiente las cantidades de referencias requeridas para cada período por cada punto de venta.

Posteriormente, se determinaron y calcularon las variables y costos que definen y limitan el ejercicio de asignación de producto en esta empresa. Para así, con esta información diseñar un modelo matemático y crear una matriz de data que recaba todos los requerimientos específicos de punto de venta, las cantidades adjudicadas por parte de la planta, las variables resultantes del ejercicio y la contabilidad de los indicadores de costo y niveles de servicio, en la que se aplican todas las políticas de asignación propuestas.

Finalmente, empleando el programa GUSEK, se procesa el modelo matemático propuesto de asignación de producto en función de maximizar los niveles de servicio de cada referencia para cada punto de venta, tomando la decisión de cuánto y qué producto se asigna en cada período a cada tienda. Para así obtener en finalidad el resultado de aplicar las políticas propuestas.

#### **4.4 Simular el modelo propuesto para evaluar el impacto económico a través de un análisis costo-beneficio y el nivel de servicio frente a la situación actual de la empresa.**

La finalidad de este objetivo es analizar el impacto promedio que traería la implementación del diseño propuesto dentro de la empresa respecto a indicadores económicos y de nivel de servicio, para diferentes iteraciones de demandas, haciendo una comparación directa con el modelo actual que maneja la empresa.

Primeramente, para evaluar el impacto de implementar las políticas de asignación de producto propuestas frente a las políticas actuales de la empresa, se emplean las matrices DRP y de costos elaboradas para ambos modelos, donde se fijan los Rijkn brindados por Gusek para el propuesto y según las políticas de la empresa para el actual. Con el fin de poder evidenciar las diferentes variables, como las unidades faltantes, sobrantes, inventario neto y los indicadores económicos y de nivel de servicio, para los dos modelos.

Después, se desarrolló la estimación del comportamiento de la demanda por medio de graficas de frecuencias, las cuales se basan en la desviación y la media de la demanda para cada referencia y punto de venta, obteniendo un total de 36 gráficos. Con las cuales se plantearon diferentes rangos, teniendo como eje de referencia la media de los datos, determinando la frecuencia relativa y acumulada para cada escenario, según el número de datos que se ubicaron dentro de estos. Finalmente, se usó un valor aleatorio para cada periodo, talla y referencia el cual asignó el valor a emplear, según el promedio del rango donde se ubicó el valor aleatorio y a través de la herramienta Visual Basic se realizaron 50 iteraciones para ambos modelos.

Por último, al realizar la simulación se comparó tanto el nivel de servicio en promedio para cada punto de venta, como los costos, ingresos y beneficio de las propuestas, y de esta manera se determinó si el diseño propuesto beneficiaba a la empresa contrastándolo con el actual.

## 5. Resultados

### 5.1 Determinar la situación actual de la empresa

#### 5.1.1 Datos sistema actual

Teniendo en cuenta la información brindada por el director de operaciones, se esquematizaron los distintos eslabones que hacen parte de la cadena de suministro de Whitman y la interacción entre ellos. Como se puede evidenciar en la imagen 1, en el primer nodo se encuentran los proveedores de materia prima (MP) los satélites, los cuales se encargan de confeccionar las prendas solicitadas y diseñadas por la empresa, y están los proveedores de producto terminado (PT). En el siguiente eslabón, se surte la bodega de la empresa, en donde es almacenado el producto y finalmente distribuido a los tres puntos de venta.

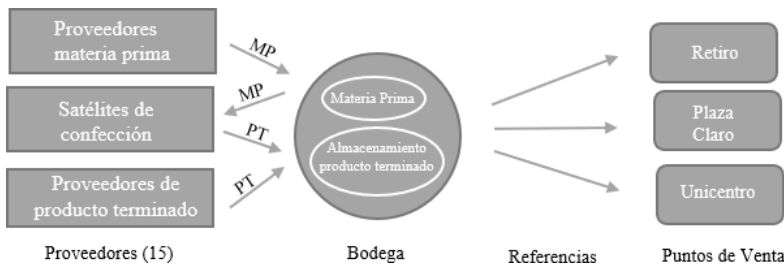


Imagen 1 Diagrama de cadena de suministro

Así mismo, la empresa proporcionó los tiempos de los diferentes procesos, con los cuales se pudo calcular el tiempo estándar de cada producto dentro de la cadena de abastecimiento, donde se evidenció que las chaquetas son las referencias con menor tiempo estándar, seguidas por las camisas, luego los abrigos y por último los sacos, con una diferencia de más del doble.



Categorías	Tiempo recolección de materia prima	Tiempo producción	Tiempo almacenamiento	Tiempo distribución	Tiempo estandar
Abrigo	20	160	8	20	28 días y 3 horas
	días	minutos	días	minutos	
Camisa	15		8	20	23 días y 20 minutos
	días		días	minutos	
Chaqueta	8		8	20	16 días y 20 minutos
	días		días	minutos	
Sacos	2		8	20	2 meses, 8 días y 20 minutos
	meses		días	minutos	

Tabla 7. Tabla de tiempos de cadena de Suministro (dados por la empresa)

Posteriormente, para poder obtener el nivel de Servicio tipo II de la empresa se decidió realizar una encuesta (Anexo 1) ya que la empresa no cuenta con los datos pertinentes para el cálculo. En la imagen 2 se puede evidenciar la pregunta que se le realizó a los asesores y directores de tienda para cada una de las referencias icónicas.

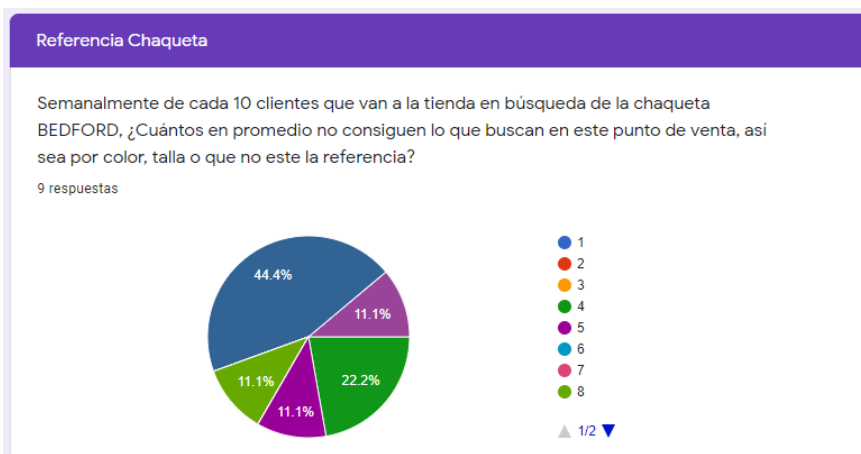


Imagen 2. Encuesta nivel de servicio

Con los resultados de la encuesta (Tabla 8) se logró evidenciar que, de los 36 niveles de servicio actuales, únicamente el 30% de estos estaban igual o por encima del 70%, nivel mínimo deseado por la empresa. Lo que indica la deficiencia de la empresa de no tener las referencias en el momento y lugar indicado, por lo que a lo largo del trabajo se hará énfasis en este indicador.

NIVEL DE SERVICIO POR REFERENCIA ICÓNICA			
REFERENCIA	UNICENTRO	PLAZA CLARO	PASEO RETIRO
Bedford	25%	20%	57%
Camden	20%	60%	23%
Oconor	18%	100%	37%
Presley	58%	50%	37%
Poet	68%	70%	50%
Amarante	23%	50%	13%
Laser	23%	40%	17%
Cannes	23%	70%	63%
New York	88%	80%	80%
San diego	50%	80%	67%
Cuadros	93%	60%	37%
Unicolor	98%	70%	73%

Tabla 8. Nivel de Servicio actual por tienda para cada referencia seleccionada

### 5.1.2 Determinar políticas para la producción y distribución de producto terminado.

Actualmente, se está llevando a cabo una planificación empírica basada en oportunidades, donde se realiza la compra de insumos si se consigue la materia prima a un precio bajo, por ende, al realizar un pedido sin planeación a proveedores, estos tienen un lead time de hasta 20 días en hacer entrega de las materias primas, creando cuellos de botella innecesarios.

La empresa no cuenta con una política de discretización de la producción, donde se maneja una distribución de tallas uniformes para todas las referencias: Talla S 25%, talla M 40%, talla L 25% y talla XL 10%. De igual forma, las políticas de distribución no discriminan por referencia, cada punto de venta tiene un peso uniforme para todos los productos. Donde la tienda Unicentro concentra la mayor proporción con un 42%, le sigue Paseo Retiro con un 36% y de último Plaza Claro con un 22%. Ambas políticas están direccionadas a que las demandas de todas las referencias se comportan de la misma manera, lo que sería poco probable y motivo de evaluación en el siguiente objetivo, ya que, si las demandas de las referencias se comportan diferente, entonces estas políticas podrían ser parte de la causa de los resultados de los niveles de servicio.

Para llevar la mercancía a los puntos de venta se realiza una entrega semanal de stock por tienda (un viaje por punto) entre jueves y viernes. Cabe resaltar, que la empresa también ofrece la opción de vender prendas a la medida, las cuales se confeccionan en sus satélites, se envían a la bodega y estas se llevan a los puntos cuando se distribuyen las otras referencias. El medio de transporte empleado para la distribución es el automóvil del gerente y en algunos casos servicios particulares.

Con respecto a los procesos de operaciones que se llevan internamente, se evidencia una falta de estandarización ya que en el cargo de operaciones han estado cuatro personas y cada uno ha implementado un sistema distinto, creando incongruencias y pérdida de datos. Ocasionando que los precios no coincidan, que haya productos sin codificar, no se tiene un control preciso del movimiento de las prendas en cada una de las tiendas y no se tiene un histórico de las ventas desde el inicio de operaciones.

Tomando en cuenta los resultados deficientes en los niveles de servicio, que la empresa produce a través de satélites de confección externos o en otros casos adquiere el producto terminado de proveedores, es pertinente centrarse en el tercer eslabón del esquema de funcionamiento Whitman (Imagen 1), y la interacción entre este nodo y bodega, ya que la empresa no tiene control sobre los procesos de producción, pero si con la asignación de producto en cada punto de venta y lo que ocurre internamente en cada uno de ellos. Contextualizando con el objetivo de emplear un modelo DRP, éste estará focalizado en el eslabón final del esquema, los puntos de venta y su interacción con el eslabón siguiente, la bodega de la empresa, teniendo en cuenta que el lead time de distribución es despreciable ya que las distancias son muy cortas.

## 5.2 Evaluar la demanda a través de pronósticos de las referencias más representativas usando modelos cuantitativos.

### 5.2.1 Clasificar las categorías con base al beneficio económico y clasificar las referencias con base a la rotación

Para la implementación del diagrama de Pareto se utilizaron todas las ventas del año 2019 e inicios del 2020 (enero, febrero y marzo), en donde se debía identificar cada categoría, la cual estaba dividida en distintas referencias y tallas. (anexo 2)

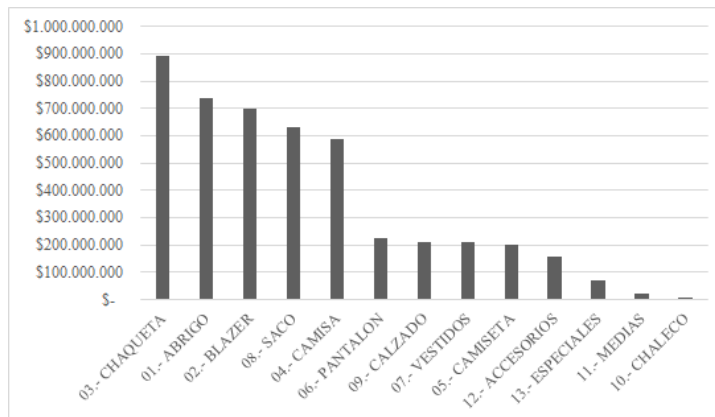


Gráfico 1. Diagrama de Pareto

Al realizar este diagrama (Gráfico 1) se evidenció que las ventas se concentraban en un 76% en chaqueta, abrigo, blazer, saco y camisa (Tabla 9), siendo estas las categorías escogidas para realizar el proyecto.

CATEGORIAS	MONTO TOTAL	% Individual	% acumulado
03.- Chaqueta	\$ 890.884.405	19%	19%
01.- Abrigo	\$ 735.459.111	16%	35%
02.- Blazer	\$ 699.549.584	15%	50%
08.- Saco	\$ 631.682.848	14%	64%
04.- Camisa	\$ 589.235.906	13%	76%
06.- Pantalón	\$ 224.874.730	5%	81%
09.- Calzado	\$ 211.862.002	5%	86%
07.- Vestidos	\$ 207.850.000	4%	90%
05.- Camiseta	\$ 202.626.382	4%	95%
12.- Accesorios	\$ 154.733.600	3%	98%
13.- Especiales	\$ 68.319.200	1%	99%
11.- Medias	\$ 23.394.850	1%	99,8%
10.- Chaleco	\$ 7.549.500	0%	100%
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 4.648.022.118</b>	<b>100%</b>	

Tabla 9 Categorías seleccionadas

### 5.2.2 Comparar las clasificaciones y seleccionar muestras representativas

Teniendo en cuenta la información proporcionada por la empresa, se definieron los siguientes 3 indicadores:

1. Tiempo que estuvo activo > 70 %
2. Activo actualmente (1=activo,0=no activa)
3. Rotación >  $\mu$  (media por referencia) +  $\sigma$  (desviación estándar por referencia)

Para el primer indicador se necesita tener un histórico mayor de 10 meses y esto se asegura cuando se cumple que la suma de manera desagregada de las semanas que dicha referencia estuvo en una tienda es mayor al 70% total del tiempo. Luego, Para asegurar que la referencia estuviese activa actualmente se hizo un indicador binario que evidencia si hubo demanda de dicha referencia en el año 2020 o no. Para lograr identificar el tercer indicador lo primero que se hizo fue sacar la rotación semanal por referencia, es decir cuantas unidades en promedio se demandaban por semanas. Al tener ese indicador se calculó un promedio por referencia y a eso se le sumo la desviación estándar. El indicador de rotación debía ser mayor a esa suma para que fuera una referencia destacada. Estos tres indicadores se deben cumplir para que una referencia sea categorizada como icónica.

A continuación, en la tabla 10 se muestra el procedimiento descrito anteriormente para la categoría abrigo, sin embargo, esta tabla se realizó para todas las referencias por categoría seleccionada. (Anexo 2)

#	CATEGORIAS	REFERENCIAS	Tienda - Paseo retiro	Tienda - Plaza Claro	Tienda - Unicentro	activa	%t prom	Q/t prom	RESULTADO
0	01.- ABRIGO	AMARANTE	100% 2,32 1	88% 1,63 1	100% 4,00 1	1	96%	2,65	ACEPTADA
1		CONFECCION	0% - 0	0% - 0	0% - 0	0	0%	-	
2		DICKENS	30% 1,21 1	9% 2,75 0	39% 3,86 0	0	26%	2,61	
3		DREXLER	24% 1,47 1	14% 1,67 1	83% 2,07 1	1	40%	1,73	
4		DRIX	94% 0,73 1	70% 1,13 0	33% 8,67 0	0	66%	3,51	
5		HILLS	43% 1,22 1	51% 1,23 1	50% 1,22 1	1	48%	1,22	
6		LASER	100% 1,83 1	98% 1,64 1	100% 3,06 1	1	99%	2,17	ACEPTADA
7		LAZIO	0% - 0	0% - 0	0% - 0	0	0%	-	
8		LONG ISLAND	0% - 0	0% - 0	0% - 0	0	0%	-	
9		NUEVO CLASICO	48% 0,37 1	7% 1,67 1	22% 2,00 1	1	26%	1,34	
10		OVEJERO	6% 0,75 1	0% - 0	0% - 0	0	2%	0,25	
11	VILA	92% 1,26 1	93% 0,90 1	28% 3,40 1	1	71%	1,85		
						PARAMETROS	68%	2,17	

Tabla 10. Estudio de ABRIGO en base a indicadores por referencias

Obteniendo como resultado una cantidad de 12 referencias icónicas en total como se muestra en la tabla 11.

CATEGORIAS	REFERENCIA ICÓNICA
01.- Abrigo	Amarante
	Laser
02.- Blazer	Poet
03.- Chaqueta	Bedford
	Camden
	Oconor
	Presley
04.- Camisa	Cuadros
	Whitman
08.- Saco	Cannes
	New York
	San Diego

Tabla 11. Referencias icónicas

### 5.2.3. Medir e identificar el comportamiento de las demandas anteriores de las referencias icónicas.

Luego de ya realizada la depuración de datos, con los porcentajes del nivel de servicio mencionados en el punto 5.1.1, lo que se hizo fue calcular la demanda real. Dentro de estos valores cuando un dato tenía un comportamiento atípico superior se suavizaba con la media de los valores de la demanda y cuando un dato se comportaba muy por debajo de la media de la demanda entonces se utilizó la ecuación (2).

$$demanda = \frac{venta}{nivel\ de\ servicio}$$

Ecuación 2. Formula Demanda actual

Con los datos de la demanda real se realizaron los pronósticos pertinentes con diferentes modelos tales como suavización exponencial simple, HOLT y promedios móviles con varios valores de n. Los resultados de estos pronósticos se evidencian en la tabla (12). El detalle de los cálculos realizados para cada pronostico se encuentra en el anexo 3.

PV	Retiro		Plaza Claro		Unicentro	
REFERENCIA	Tipo pronostico	MAPE	Tipo pronostico	MAPE	Tipo pronostico	MAPE
Amarante	SES	51%	SES	45%	PM (N=2)	26%
Laser	SES	46%	SES	24%	SES	48%
Poet	SES	38%	SES	34%	PM (N=3)	22%
Bedford	SES	28%	SES	36%	SES	25%
Camden	PM (N=3)	12%	SES	12%	SES	61%
Oconor	SES	19%	PM (N=4)	33%	SES	29%
Presley	SES	44%	SES	24%	SES	18%
Cuadros	SES	28%	SES	36%	SES	27%
Whitman	SES	26%	PM (N=3)	28%	SES	15%
Cannes	SES	51%	PM (N=4)	47%	SES	39%
New York	SES	23%	SES	48%	SES	41%
San Diego	SES	45%	SES	33%	SES	54%

Tabla 12. Tipo de pronóstico y MAPE por Referencia y PV.

Posteriormente en la siguiente tabla se muestra la comparación de los errores encontrados entre la estrategia que la empresa usa actualmente para pronosticar sus demandas y los modelos de pronósticos sugeridos.

PV	Retiro		Plaza Claro		Unicentro	
	Tipo pronostico	%	Tipo pronostico	%	Tipo pronostico	%
REFERENCIA	SES	30%	SES	30%	PM(N=2)	37%
	Empresa Actual	67%	Empresa Actual	31%	Empresa Actual	72%
AMARANTE	SES	20%	SES	8%	SES	53%
	Empresa Actual	65%	Empresa Actual	57%	Empresa Actual	53%
LASER	SES	13%	SES	73%	PM(N=3)	2%
	Empresa Actual	80%	Empresa Actual	76%	Empresa Actual	84%
POET	SES	16%	SES	28%	SES	8%
	Empresa Actual	21%	Empresa Actual	36%	Empresa Actual	18%
BEDFORD	PM(N=3)	9%	SES	6%	PM(N=3)	5%
	Empresa Actual	75%	Empresa Actual	38%	Empresa Actual	15%
CAMDEN	SES	2%	PM(N=4)	22%	SES	140%
	Empresa Actual	7%	Empresa Actual	172%	Empresa Actual	220%
OCCONOR	SES	22%	SES	22%	SES	27%
	Empresa Actual	43%	Empresa Actual	32%	Empresa Actual	27%
PRESLEY	SES	7%	SES	3%	SES	0%
	Empresa Actual	60%	Empresa Actual	8%	Empresa Actual	325%
CUADROS	SES	18%	PM(N=3)	7%	SES	35%
	Empresa Actual	26%	Empresa Actual	7%	Empresa Actual	53%
WHITMAN	SES	150%	PM(N=4)	21%	SES	263%
	Empresa Actual	400%	Empresa Actual	45%	Empresa Actual	21%
CANNES	SES	6%	SES	20%	SES	2%
	Empresa Actual	37%	Empresa Actual	32%	Empresa Actual	3%
NEW YORK	SES	45%	SES	21%	SES	3%
	Empresa Actual	65%	Empresa Actual	28%	Empresa Actual	6%
SAN DIEGO	SES		SES		SES	
	Empresa Actual		Empresa Actual		Empresa Actual	

Tabla 13. Comparación de errores entre los modelos de pronósticos sugeridos y los que actualmente usa la empresa.

Se puede evidenciar que los modelos sugeridos para pronosticar la demanda tienen menor error en comparación con la demanda real, lo que indica que es una opción más acertada para pronosticar los periodos futuros.

### 5.3 Diseñar la planeación de los requerimientos de distribución con el fin de planear y controlar la asignación de producto de cara a la satisfacción de la demanda.

#### 5.3.1. Pronosticar las demandas de periodos futuros de las referencias representativas por punto de venta.

Para pronosticar la demanda de los siguientes 6 períodos (meses) de cada referencia en cada punto de venta, se ejecutaron los métodos de pronóstico determinados en el objetivo anterior y se obtuvieron los resultados evidenciados en la tabla 14.

n	AMARANTE			LASER			POET			BEDFORD			CAMDEN			OCCONOR		
	Retiro	Plaza Claro	Unicentro	Retiro	Plaza Claro	Unicentro	Retiro	Plaza Claro	Unicentro	Retiro	Plaza Claro	Unicentro	Retiro	Plaza Claro	Unicentro	Retiro	Plaza Claro	Unicentro
1	47	18	51	27	15	45	28	15	46	16	14	11	45	12	11	13	3	3
2	47	18	51	27	15	45	28	15	46	16	14	11	45	12	11	13	3	3
3	47	18	51	27	15	45	28	15	46	16	14	11	45	12	11	13	3	3
4	47	18	51	27	15	45	28	15	46	16	14	11	45	12	11	13	3	3
5	47	18	51	27	15	45	28	15	46	16	14	11	45	12	11	13	3	3
6	47	18	51	27	15	45	28	15	46	16	14	11	45	12	11	13	3	3
n	PRESLEY			CUADROS			WHITMAN			CANNES			NEW YORK			SAN DIEGO		
	Retiro	Plaza Claro	Unicentro	Retiro	Plaza Claro	Unicentro	Retiro	Plaza Claro	Unicentro	Retiro	Plaza Claro	Unicentro	Retiro	Plaza Claro	Unicentro	Retiro	Plaza Claro	Unicentro
1	6	8	12	35	24	15	39	29	97	9	8	19	27	10	20	6	12	23
2	6	8	12	35	24	15	39	29	97	9	8	19	27	10	20	6	12	23
3	6	8	12	35	24	15	39	29	97	9	8	19	27	10	20	6	12	23
4	6	8	12	35	24	15	39	29	97	9	8	19	27	10	20	6	12	23
5	6	8	12	35	24	15	39	29	97	9	8	19	27	10	20	6	12	23
6	6	8	12	35	24	15	39	29	97	9	8	19	27	10	20	6	12	23

Tabla 14. Resultados pronósticos agregados.

### 5.3.2. Determinar el requerimiento de producto a asignar de cada punto de venta.

Debido a que el comportamiento de la demanda de las referencias estudiadas posee una variabilidad significativa, el pronóstico de estas tiene de igual forma una incertidumbre a considerar, es por ello por lo que tomando como base el error resultante de cada pronóstico, se empleó un método que añadiera aleatoriamente una proporción de este error al pronóstico, y de esta forma disminuir la incertidumbre. Las proporciones y lógica que se empleó para este método se observa en la tabla 15.

Número Aleatorio	Pronóstico suavizado
$N < 0,33$	$F + 0$
$0,33 < N < 0,66$	$F + (0,5 \text{ MAPE})$
$N > 0,66$	$F + \text{MAPE}$

Tabla 15. Proporciones suavización de pronóstico.

Una vez suavizados los pronósticos de las demandas, se debía encontrar un valor aún más específico, que acercara el pronóstico a lo que posiblemente sería el requerimiento de producto de cada tienda. Para ello se determinó y calculó una variable “Dist” en base a las ventas históricas de la compañía, que reflejara la distribución de demanda de las tallas para cada referencia y punto de venta, obteniendo los valores expresados en la tabla 16. Y de esta forma contar con la información pertinente para desagregar en función de las tallas un pronóstico de ventas efectivo de las referencias icónicas para cada punto de venta.

REFERENCIA	Dist ijk											
	Retiro				Plaza Claro				Unicentro			
	S	M	L	XL	S	M	L	XL	S	M	L	XL
AMARANTE	31%	31%	24%	14%	35%	35%	24%	5%	24%	36%	24%	17%
LASER	28%	43%	18%	10%	27%	32%	16%	25%	18%	35%	33%	15%
POET	28%	33%	22%	17%	28%	36%	25%	11%	30%	30%	23%	16%
BEDFORD	28%	32%	27%	13%	27%	36%	27%	9%	33%	10%	34%	22%
CAMDEN	26%	35%	25%	13%	21%	52%	17%	10%	17%	41%	27%	15%
OCCONOR	34%	28%	33%	5%	6%	63%	19%	13%	40%	28%	28%	5%
PRESLEY	20%	38%	30%	13%	21%	40%	30%	9%	16%	39%	22%	23%
CUADROS	21%	39%	30%	10%	38%	31%	29%	3%	21%	47%	22%	10%
WHITMAN	27%	45%	20%	8%	23%	38%	26%	14%	30%	45%	18%	7%
CANNES	33%	38%	21%	8%	28%	38%	21%	14%	23%	45%	21%	12%
NEW YORK	22%	46%	22%	10%	33%	34%	25%	9%	29%	39%	24%	8%
SAN DIEGO	27%	37%	25%	11%	31%	37%	24%	8%	26%	32%	30%	12%

Tabla 16. Distribución de tallas para cada referencia y punto de venta.

Para culminar con el requerimiento de los puntos de venta, se debía determinar el stock de seguridad en cada tienda, y para ello se definió una política para la empresa, donde desean contar con 1 unidad de cada talla y referencia por punto de venta, para esto se creó una función de asignación de SS por prioridad, donde si el requerimiento de una referencia en un período está satisfecho, entonces se podrán asignar unidades para cada punto de venta según un peso estipulado por la empresa, hasta que se cumpla la cantidad máxima posible de asignación o que todas las tallas de la referencia en todos los puntos de venta tengan un SS de 1 unidad.

### 5.3.3. Determinar y calcular los costos que definen y limitan el modelo.

Debido a que se empleó un método de planeación DRP, se debían calcular los costos y penalizaciones que afectaban en este eslabón de la cadena, por lo que se analizó toda la información tanto cualitativa como cuantitativa que estaba en nuestro alcance para lograr determinar los siguientes 4 costos:

- I. Costo de adquisición: Este costo es una unión entre el valor de salida de planta del producto y el costo de la logística para que ese producto sea pedido y entregado al punto de venta. En la tabla 17 se observan los resultados para cada referencia y los datos para llegar el. Para su cálculo, lo primero que se hizo fue determinar los costos en los que se incurren al realizar la logística de pedido y transporte para cada mes (datos otorgados por el director de procesos de la empresa), y teniendo el número promedio de productos totales asignados para cada mes, se logró calcular el costo de logística promedio unitario. En cuanto al costo de planta de cada referencia, este fue suministrado por la empresa, para así sumar el costo de planta y el de logística unitario y obtener el costo de adquisición.

Costo Logistica Mes	REFERENCIA	COSTO PLANTA	C. LOG/u	C ADQ.
Gasolina & parqueadero \$ 400,000	AMARANTE	\$264,670	\$8,750	\$273,420
Mantenimiento o vehículo \$ 100,000	LASER	\$264,670	\$8,750	\$273,420
Mensajero \$1,000,000	POET	\$297,967	\$8,750	\$306,717
Gasto administrativo \$2,000,000	BEDFORD	\$135,199	\$8,750	\$143,949
	CAMDEN	\$135,199	\$8,750	\$143,949
	OCCONOR	\$135,199	\$8,750	\$143,949
TOTAL MES \$3,500,000	PRESLEY	\$135,199	\$8,750	\$143,949
N. productos asignados 400 unidades	CUADROS	\$47,241	\$8,750	\$55,991
	WHITMAN	\$47,241	\$8,750	\$55,991
Costo Logistica por unidad \$ 8,750	CANNES	\$52,066	\$8,750	\$60,816
	NEW YORK	\$52,066	\$8,750	\$60,816
	SAN DIEGO	\$52,066	\$8,750	\$60,816

Tabla 17. Costo de Adquisición.

- II. Costo de unidades faltantes: Este costo permite penalizar aquellas ventas que no se realizan debido a que no se cuenta con la existencia que solicita el comprador; cuando un cliente va a un punto de venta por un producto específico y éste no lo hay, pueden ocurrir dos eventos, uno, que se pierda la venta y posiblemente un cliente, o segundo, que el cliente haga una compra sustituta bien sea por otra talla u otra referencia dentro de la misma categoría (por ejemplo, otro abrigo), evento que según una encuesta realizada a los vendedores, ocurre la mitad de las veces. Con esta información y las utilidades de cada referencia (dato suministrado por la empresa), ya se tenían todos los datos necesarios para calcular este costo, solo había que aplicar la lógica presentada en la ecuación 3, donde se materializaron los 2 posibles eventos y así dar resultado a los costos observados en la tabla 18. (Anexo 5)

		Evento 1			Evento 2
CUF x	=	Utilidad que se dejó de percibir de la referencia x	-	0,5 *	Utilidad promedio de la categoría a la que pertenece la referencia X

Ecuación 3. Lógica Costo de unidades faltantes.

Categoría	Referencia	Utilidad	U $\mu$ categoría	Probabilidad evento 2	C. UF
ABRIGO	AMARANTE	\$306,759	\$348,776	50%	<b>\$132,371</b>
	LASER	\$390,792	\$348,776	50%	<b>\$216,404</b>
BLAZER	POET	\$365,899	\$365,899	50%	<b>\$182,950</b>
CHAQUETA	BEDFORD	\$326,986	\$301,526	50%	<b>\$176,223</b>
	CAMDEN	\$342,793	\$301,526	50%	<b>\$192,030</b>
	OCCONOR	\$259,759	\$301,526	50%	<b>\$108,996</b>
	PRESLEY	\$276,566	\$301,526	50%	<b>\$125,803</b>
CAMISA	CUADROS	\$112,423	\$125,028	50%	<b>\$49,909</b>
	UNICOLOR	\$137,633	\$125,028	50%	<b>\$75,119</b>
SACO	CANNES	\$90,791	\$90,791	50%	<b>\$45,396</b>
	NEW YORK	\$90,791	\$90,791	50%	<b>\$45,396</b>
	SAN DIEGO	\$90,791	\$90,791	50%	<b>\$45,396</b>

Tabla 18. Costo de unidades faltantes.

- III. Costo de inventario: Basados en una política que determina que todo espacio ahorrado en un punto de venta, la empresa hará beneficio de él, se calcularon manualmente las capacidades de inventario de cada local y con la información suministrada de los valores de canon de arriendo, se calculó el costo unitario de inventario de una referencia para cada punto de venta, obteniendo los costos que se observan en la tabla 19.

PuntoVenta	Arriendo	Q total	CI c/u
Plaza Claro	\$16,000,000	1286	\$12,442
Paseo Retiro	\$15,000,000	1286	\$11,664
Unicentro	\$42,000,000	1414	\$29,703

Tabla 19. Costo de inventario.

- IV. Costo de oportunidad: Con este costo se penalizan aquellas inversiones en producto que no generaron utilidades en el período actual, para ello se tomaron las unidades sobrantes de cada referencia en cada período y se multiplicó por el costo de oportunidad. En cuanto al cálculo del costo, se tomó el valor de adquisición de la referencia sobrante y se multiplicó por el interés que la empresa expresó que podían alcanzar a través de inversiones externas (10%), obteniendo los resultados de la tabla 20.

REFERENCIA	C.OP
AMARANTE	\$27,342
LASER	\$27,342
POET	\$30,672
BEDFORD	\$14,395
CAMDEN	\$14,395
OCCONOR	\$14,395
PRESLEY	\$14,395
CUADROS	\$5,599
WHITMAN	\$5,599
CANNES	\$6,082
NEW YORK	\$6,082
SAN DIEGO	\$6,082

Tabla 20. Costo de Oportunidad.



#### 5.3.4. Modelo matemático

Con el fin de maximizar los niveles de servicio unitarios en cada punto de venta por referencia, se desarrolló un modelo matemático que tuviese como variable decisión, la cantidad de unidades a enviar a cada punto de venta según referencia y talla para cada periodo, teniendo en cuenta que se realizó para 6 periodos futuros. (Anexo 6)

El modelo cuenta con las siguientes características

##### Conjuntos:

Periodos (N): {1,2,3,4,5,6}

Punto de Venta (I): {Plazo Claro, Unicentro, Retiro}

Referencias(J): {Amarante, Laser, Poet, Bedford, Candem, Oconor, Presley, Cuadros, Whitman, Cannes, New York, San Diego}

Tallas(K) : {S,M,L,XL}

Formas de almacenado(Z): {Doblado, Perchado}

Es importante tener en cuenta la forma de almacenado, dado que, cada referencia según sus características tiene que almacenarse de una forma específica. Las referencias Amarante, Laser, Poet, Bedford, Candem, Oconor, Presley deben ir perchadas, es decir, en ganchos y las demás referencias se guardan dobladas.

##### Parámetros

$SSo\{J,K,I\}$ : Stock de Seguridad inicial por referencia j, talla k y punto de venta i

$F\{J,K,I,N\}$ : Cantidad de unidades pronosticadas de la referencia j de talla k en el punto de venta i en el periodo n.

$SS\{J,K,I,N\}$ : Stock de seguridad de la referencia j de la talla k en el punto de venta i en el periodo n

$Io\{J,K,I,N\}$ : Inventario inicial de la referencia j de la talla k en el punto de venta i

$CAD\{J\}$  : Costo por unidad adquirida de la referencia j

$CUF\{J\}$ : Costo por unidad faltante de la referencia j

$COP\{J\}$ : Costo de oportunidad de la referencia j

$CI\{J\}$ : Costo de inventario por almacenar una unidad de la referencia j en el punto de venta i

$QMax\{J\}$ : Cantidad máxima de unidades de la referencia j que satélites de confección y proveedores de producto terminado

$IMax\{I,Z\}$ : Capacidad máxima de inventario para el punto de venta i en la forma de almacenado z

$Y\{I,Z\}$ : Parámetro binario, 1 si la referencia j se almacena de la forma z, 0 en otro caso

Por política de la empresa, se busca tener un stock de seguridad de 1 unidad por cada referencia, talla y punto siempre y cuando se pueda saciar con el 100% de la demanda correspondiente, Para el  $SSo$ , se tiene 1 unidad por cada talla y referencia y para el  $Io$  se poseen 5 unidades por talla, referencia y punto de venta (datos brindados por el ingeniero de operaciones). Adicionalmente, se determinó la capacidad máxima de inventario para el punto de venta i en la forma de almacenado z mediante un conteo manual de las bodegas de los diferentes puntos de venta, teniendo en cuenta que el total de la suma de las referencias j de la talla k en cada punto de venta i se distribuye 70% bodega y 30% tienda (la zona de exhibición).

##### Variables

$R\{J,K,I,N\}$ : Cantidad a enviar de la referencia j de la talla k al punto de venta i en el periodo n

$INV\{J,K,I,N\}$ : Inventario neto de la referencia j de la talla k en el punto de venta i en el periodo n

$US\{J,K,I,N\}$ : Unidades sobrantes de la referencia j de la talla k en el punto de venta i en el periodo n

$UF\{J,K,I,N\}$ : Unidades faltantes de la referencia j de talla k en el punto de venta i en el periodo n

$NS\{J,I\}$ : Nivel de servicio para cada referencia en cada punto de venta

## **Función Objetivo**

$$\text{maximizar } \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} NS_{ij}$$

*Maximizar el nivel de servicio para cada punto de venta y referencia*

## **Restricciones**

$$1. INV_{jkn} = US_{jkin} - UF_{jkin} \quad \forall j \in J \quad \forall k \in K \quad \forall i \in I \quad \forall n \in N$$

Inicialización del modelo, se indica el balance del inventario neto para cada periodo n, punto de venta i, talla k y referencia j

$$2. INV_{jk1} = I_{0jki} + R_{jki} + SS_{0jki} - F_{jki} \quad \forall j \in J \quad \forall k \in K \quad \forall i \in I$$

Cálculo del inventario para el periodo 1

$$3. INV_{jkn} = US_{jkin-1} + R_{jkin} + SS_{jkin-1} - F_{jkin} \quad \forall j \in J \quad \forall k \in K \quad \forall i \in I \quad \forall n \in N, n > 1$$

Cálculo de inventario para los periodos mayores a 1

$$4. \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} R_{jkin} \leq Q_{maxj} \quad \forall n \in N \quad \forall j \in J$$

Limitar la cantidad a enviar de cada referencia j, talla k al punto de venta i en cada periodo n con base a la capacidad máxima de satélites de confección y proveedores de producto terminado.

$$5. \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} US_{jkin} * Y_{jz} \leq I_{maxiz} \quad \forall n \in N \quad \forall i \in I \quad \forall z \in Z$$

Limitar la cantidad a almacenar de cada referencia j, talla k al punto de venta i en cada periodo n con base a la capacidad máxima de inventario según su forma de doblado z

$$6. NS_{ji} = 1 - \sum_{k \in K} \sum_{n \in N} UF_{jkin} / \sum_{m \in K} \sum_{l \in N} F_{jmin} Y_{jlz} \quad \forall j \in J \quad \forall i \in I$$

Cálculo del nivel de servicio unitario según las unidades faltantes y los requerimientos para cada tienda y referencia

$$7. NS_{ji} = NS_{jn} \quad \forall j \in J \quad \forall i \in I \quad \forall n \in I$$

Forzar el modelo matemático a distribuir equitativamente las unidades enviadas, con el fin de manejar niveles de servicio similares para cada punto de venta y referencia.

Dentro del modelo se encuentran parámetros como los costos, que, aunque no se emplean en el código final, fueron útiles para poder variar la función objetivo y contrastarla frente a diferentes resultados. Sin embargo, dado que la empresa busca una mejora en los niveles de servicio y los costos son un limitante, al tener como función objetivo minimizar los costos indicando como parámetro los niveles de servicio obtenidos, la diferencia fue despreciable, por lo cual se definió la maximización del nivel de servicio como función objetivo

Para el cálculo de los costos se empleó la matriz DRP elaborado en Excel, la cual según la variable Rijkn brindada por Gusek, determina los costos correspondientes y además los ingresos obtenidos por vender cada referencia que se tenía disponible.

A continuación, podemos evidenciar los resultados obtenidos, en cuanto al nivel de servicio para cada punto de venta y periodo y los costos e ingresos obtenidos totales de los 6 periodos. Además, se realiza una comparación con la propuesta actual, la cual se construyó por medio de la matriz DRP teniendo en cuenta las políticas de distribución y producción de la empresa para los pronostico calculados, donde se determina de igual manera los niveles de servicios, los costos e ingresos (Anexo 4). La matriz será explicada más a detalle en el numeral 5.4

REFERENCIA	Actual				Propuesta			
	RETIRO	LAZA CLAR	UNICENTRO	GLOBAL	RETIRO	PLAZA CLARO	UNICENTRO	GLOBAL
AMARANTE	25%	37%	30%	32%	36%	41%	33%	34%
LASER	44%	42%	22%	35%	47%	44%	43%	44%
POET	73%	64%	40%	54%	65%	65%	67%	66%
BEDFORD	53%	37%	52%	53%	84%	80%	81%	81%
CAMDEN	25%	54%	41%	38%	44%	47%	59%	46%
OCCONOR	67%	92%	100%	82%	100%	100%	100%	100%
PRESLEY	100%	63%	56%	72%	93%	84%	65%	78%
CUADROS	95%	78%	100%	91%	89%	90%	99%	91%
WHITMAN	84%	67%	36%	54%	62%	59%	68%	64%
CANNES	100%	90%	74%	86%	100%	100%	100%	100%
NEW YORK	55%	71%	44%	56%	69%	80%	90%	77%
SAN DIEGO	84%	68%	30%	52%	100%	99%	100%	100%

Tabla 21. Niveles de servicio obtenidos.

RETIRO	PLAZA CLARO	UNICENTRO	Global	REFERENCIA
aumento	aumento	aumento	aumento	AMARANTE
aumento	aumento	aumento	aumento	LASER
disminuyo	aumento	aumento	aumento	POET
aumento	aumento	aumento	aumento	BEDFORD
aumento	disminuyo	aumento	aumento	CAMDEN
aumento	aumento	igual	aumento	OCCONOR
disminuyo	aumento	aumento	aumento	PRESLEY
disminuyo	aumento	disminuyo	aumento	CUADROS
disminuyo	disminuyo	aumento	aumento	WHITMAN
igual	aumento	aumento	aumento	CANNES
aumento	aumento	aumento	aumento	NEW YORK
aumento	aumento	aumento	aumento	SAN DIEGO

Tabla 22. Comparación de niveles de servicio

Al realizar una correcta comparación sobre los niveles de servicio por cada punto de venta específico, obtenemos de los 36 calculados que ,7 disminuyen, 2 permanecen iguales y 27 aumentan, teniendo en cuenta los pronósticos calculados. Sin embargo, podemos observar que, en la comparación global, se generó una mejora para todas las referencias. Ahora ,si se realiza el correcto análisis de los resultados, podemos concluir que los 7 niveles de servicio que disminuyen, se están presentando porque en la política actual los niveles de servicio no se están distribuyendo equitativamente, por ejemplo, para la referencia Poet , podemos ver que para el punto de venta Retiro se maneja un nivel de servicio de 73% , mientras que para Plaza Claro es de 64% y Unicentro siendo el punto de venta que más genera ventas, solo es de 40% .Por otro lado, con las políticas propuestas se busca darle a cada punto de venta la misma importancia, teniendo en cuenta los requerimientos de cada una. Por lo cual, en la propuesta podemos ver que Retiro tiene un nivel de servicio de 65%, Plaza Carlo 65% y Unicentro aumento hasta un 67%, lo cual es una gran mejora dentro de este indicador. Lo mismo, se presenta para los demás niveles de servicio que disminuyen.

Escenario	Costo (\$)	Ingresos (\$)	Beneficio (\$)
Actual	\$ 842,592,208.30	\$ 1,176,714,678.00	\$ 334,122,469.70
Propuesto	\$ 797,923,944	\$ 1,366,218,905	\$ 568,294,961
Beneficio	\$ 44,668,264.69	\$ 189,504,227	\$ 234,172,491.69

Tabla 23. Beneficios obtenidos

En cuanto a los beneficios obtenidos , podemos ver una reducción en los costos correspondientes de \$44 millones y de igual manera los ingresos por tener las referencias solicitadas en cada periodo, dieron como resultado \$189 millones , obteniendo como resultado final una beneficio de \$234 millones aproximadamente dentro de los 6 periodos futuros, un dato muy coherente teniendo en cuenta que el director de operaciones menciono que durante el año 2019 se dejaron de percibir alrededor de \$1 000 000 000 por la inexistencia de productos .

## 5.4 Simular el modelo propuesto para evaluar el impacto económico a través de un análisis costo-beneficio y el nivel de servicio frente a la situación actual de la empresa.

5.4.1. Simular el método propuesto en un horizonte de tiempo que permita evaluar la situación global de la empresa

Para poder simular de una manera adecuada el modelo propuesto y compararlo con el actual, se planteó una matriz DRP para poder evidenciar el comportamiento de las diferentes variables con base a las políticas de producción y distribución tanto actuales como propuestas. La matriz empleada se muestra a continuación, para el ejemplo, se empleará la referencia Amarante en el punto de venta Paseo Retiro de las políticas actuales, esta matriz se realiza para cada referencia y punto de venta, obteniendo un total de 72 matrices interconectadas para los dos escenarios. (Anexo 8)

AMARANTE							Paseo Retiro															
n	Dijn	Fijsn	Fijmn	Fijln	P ijkn	Rijsn	Rijmn	Rijln	Rijxln	Ssijsn	Ssijmn	Ssijln	Ssijxln	Iijsn	Iijmn	Iijln	Iijxln	Iijkn	Ufijsn	Ufijmn	Ufijln	Ufijxln
1	47	15	15	12	7	10	3	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	6	5	3	0
2	59	19	19	15	9	10	3	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	16	15	12	8
3	59	19	19	15	9	10	3	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	16	15	12	8
4	59	19	19	15	9	10	3	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	16	15	12	8
5	47	15	15	12	7	10	3	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	12	11	9	6
6	47	15	15	12	7	10	3	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	12	11	9	6

Tabla 24. Matriz DRP, Amarante –Paseo Retiro

La elaboración de las matrices anteriormente mencionadas, nos permiten obtener los costos e ingresos resultantes para cada periodo, como se muestra a continuación en la Tabla 25, siguiendo con el ejemplo de Amarante.

GLOBAL					
$\Sigma r_{ijkn}(u)$	$\Sigma u_{fijkn}(u)$	CAD <sub>j</sub> (\$)	COP <sub>j</sub> (\$)	CUF <sub>j</sub> (\$)	CI <sub>ji</sub> (\$)
34	43	\$ 9,296,280.00	\$ 191,394.00	\$ 5,691,953	\$ 690,646
34	105	\$ 9,296,280.00	\$ 109,368.00	\$ 13,898,955	\$ 690,646
34	115	\$ 9,296,280.00	\$ 109,368.00	\$ 15,222,665	\$ 690,646
34	110	\$ 9,296,280.00	\$ 82,026.00	\$ 14,560,810	\$ 690,646
34	110	\$ 9,296,280.00	\$ 54,684.00	\$ 14,560,810	\$ 690,646
34	94	\$ 9,296,280.00	\$ 27,342.00	\$ 12,442,874	\$ 690,646

Tabla 25. Resultados costos por periodo, políticas actuales Amarante

GLOBAL								
CI TOTAL(\$)	Costos T CP(\$)	COP TOTAL(\$)	Costos T UF(\$)	COSTO TOTAL(\$)	Unidades vendidas(u)	Ingresos(\$)	Ingresos Totales(\$)	Utilidad(\$)
\$ 4,143,876	\$ 55,777,680	\$ 574,182	\$ 76,378,067	\$ 136,873,805	99	\$ 56,571,471.00	\$ 157,142,975	\$ 20,269,170
					37	\$ 21,142,873.00		
					34	\$ 19,428,586.00		
					35	\$ 20,000,015.00		
					35	\$ 20,000,015.00		
					35	\$ 20,000,015.00		

Tabla 26. Resultados costos e ingresos totales, políticas actuales Amarante

Además, podemos evidenciar los niveles de servicio por punto de venta y referencia al igual que globalmente por cada referencia

Nivel de Servicio				
Amarante	Retiro	Plaza Claro	Unicentro	Global
Periodo				
1	70%	91%	58%	70%
2	14%	30%	25%	26%
3	14%	28%	22%	23%
4	14%	25%	25%	24%
5	19%	22%	22%	25%
6	19%	28%	25%	28%
Promedio	25%	37%	30%	33%

Tabla 27. Resultados niveles de servicio, políticas actuales Amarante

Con la matriz diseñada, se fijaron los Rijkn brindados por Gusek para el modelo propuesto y según las políticas correspondientes, para el actual con el objetivo de realizar 50 iteraciones.

Se desarrollaron gráficos de frecuencia para poder modelar el comportamiento de la demanda, para lo cual se realizó el promedio y desviación estándar de los datos de la demanda, con los cuales se realizaron 6 escenarios iniciales, donde el eje de referencia es el promedio y la magnitud del rango es la desviación, generando 3 escenarios por encima de la media y 3 por debajo. Con base a un valor aleatorio para cada referencia, talla y periodo, se asignó un valor para la demanda, el cual es el promedio de cada rango. Por ejemplo, se puede evidenciar en la tabla 28 que la media fue de 44 y la desviación de 18, por lo cual cada rango, tiene un valor de 18 unidades teniendo como referencia las 44 unidades, además, si se observa el primer escenario se tiene una frecuencia del 7%, ya que se encontró un solo valor dentro de las 79 y las 97 unidades, posteriormente, se determinó el promedio del rango, el cual es 88 unidades.

Siguiendo con el ejemplo, en la tabla 29, se evidencia la asignación de la nueva demanda, la cual según el valor aleatorio y la frecuencia acumulada escoge el valor correspondiente. Para el primer periodo, se tiene un aleatorio de 0.58 el cual se sitúa en el escenario 3 y por ende concede un valor de 35 unidades. El valor aleatorio de cada periodo, talla y referencia es el mismo tanto para el modelo propuesto como para el actual y cabe resaltar que no fueron tomados los escenarios donde la frecuencia relativa fue 0%. (Anexo 7).

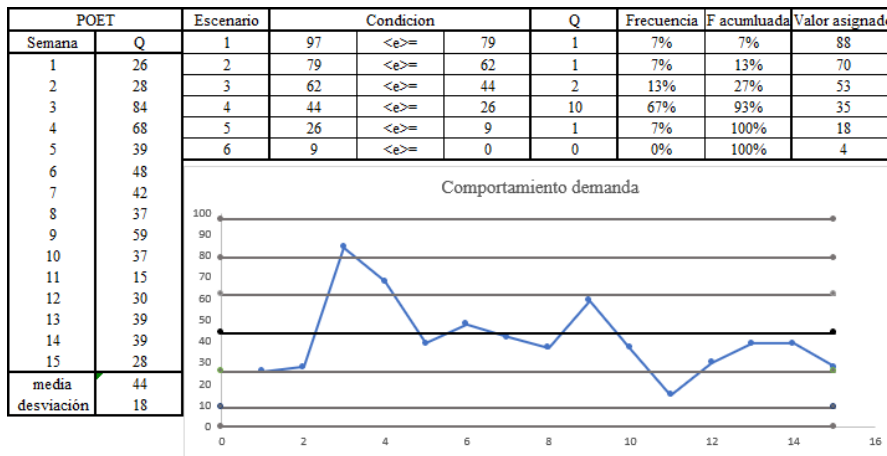


Tabla 28. Cálculo comportamiento de la demanda por medio de escenarios

PASEO RETIRO					
POET					
esc	f acum	valor(u)	aleatorio	n	Dijn
1	7%	88	0.58	1	<b>35</b>
2	13%	70	0.09	2	<b>70</b>
3	27%	53	0.85	3	<b>35</b>
4	93%	35	0.00	4	<b>88</b>
5	100%	18	0.25	5	<b>53</b>
6	100%	4	0.45	6	<b>35</b>

Tabla 29. Ejemplo Asignación demanda

De esta manera con la ayuda de la herramienta Visual Basic se generaron 50 iteraciones modificando el valor aleatorio, con el fin de evaluar la propuesta diseñada y la actual a diferentes escenarios, y así realizar una comparación en el indicador económico y nivel de servicio.

#### 5.4.2. Comparar el nivel de servicio con la propuesta.

A partir de la simulación se obtuvo los siguientes resultados, para el promedio de los niveles de servicio de todas las referencias para cada punto de venta

PROPUESTA			
Nivel de Servicio			
Retiro	Plaza Claro	Unicentro	Global
67%	75%	61%	62%
ACTUAL			
Nivel de Servicio			
Retiro	Plaza Claro	Unicentro	Global
62%	70%	53%	54%
COMPARACION			
Nivel de Servicio			
AUMENTO	AUMENTO	AUMENTO	AUMENTO
88%	72%	100%	100%

Tabla 30. Resultados nivel de servicio

Según los resultados obtenidos en la simulación, se puede evidenciar que, si se realiza un análisis global, en el 100% de los casos se mejora el nivel de servicio lo cual es un indicador positivo para la propuesta diseñada. Ahora, si se remite a cada punto de venta se puede observar que en Unicentro también se presentó un aumento en el 100% de los casos, pero en Plazo Claro y Retiro, este indicador se reduce a 72% y 88% respectivamente, lo cual se esté presentado dado las políticas actuales de la empresa, donde las unidades enviadas a plaza claro y retiro son más coherentes respecto a sus requerimientos a comparación de Unicentro. No obstante, se puede apreciar que la propuesta diseñada es mucho mejor en cuanto a los niveles de servicio y la distribución según referencias y tallas para cada punto de venta.

#### 5.4.3 Estimar el beneficio de una posible producción más eficiente. (Costo-Beneficio)

Por otro lado, con base en los resultados de la simulación se obtuvieron los siguientes resultados en cuanto a costos e ingresos

PROPUESTA		
(\$)		
Costo(\$)	Ingresos(\$)	Beneficio(\$)
\$ 957,028,405.92	\$ 1,359,329,815.11	\$ 402,301,409.19
ACTUAL		
(\$)		
Costo(\$)	Ingresos(\$)	Beneficio(\$)
\$ 923,011,193	\$ 1,176,448,744.58	\$ 253,437,551
COMPARACION		
(\$)		
-\$ 34,017,212.70	\$ 182,881,070.53	\$ 148,863,857.83
DISMINUYO	INCREMENTO	INCREMENTO

Tabla 31. Resultados económicos

Se observa que en cuanto a costos el promedio fue negativo, esto quiere decir que la propuesta diseñada no reduce los costos, esto se debe a que estamos haciendo uso de la capacidad máxima de los proveedores de producto terminados y de los satélites para cumplir con los requerimientos pronosticados, por lo cual, a pesar de reducir en unidades faltantes y costos de oportunidad, incurrimos en mayores costos de inventario y adquisición, los cuales son mayores. Sin embargo, se evidencia que los ingresos incrementan considerablemente, ya que se obtiene un nivel de servicio mayor y por ende se generan mayores ventas, lo cual permite que la propuesta diseñada traiga mayores beneficios económicos a la empresa y a su vez permita un mejor uso de sus recursos.

## 5.5 Medición de impacto

El proyecto realizado para la empresa Whitman, permite generar un impacto positivo dentro de la organización, ya que ofrece una herramienta que no solo es fácil de implementar, sino que también es flexible a cualquier cambio que se quiera hacer en cuanto a los parámetros de la demanda, teniendo en cuenta los costos de asignación, almacenado y distribución por cada referencia, de esta manera controlando la sobreproducción y el déficit de producción, logrando así un manejo adecuado de los recursos de la empresa. Además, es una herramienta que la empresa puede utilizar sin ningún costo y no tiene la necesidad de invertir en softwares nuevos porque es un aplicativo planteado en Excel con la ayuda de Gusek.

Dada la falta de estandarización de procesos, debido a la alta alternancia del ingeniero operacional, encargado de manejar y controlar las operaciones internas respecto a la producción y distribución y además de una escasa implementación de modelos matemáticos, causa en la empresa una dificultad para la toma de decisiones que sean acordes al comportamiento de los datos de demanda. Por lo cual, la implementación de la herramienta propuesta que se basa en modelos matemáticos permitirá establecer nuevas políticas de producción y distribución de las referencias icónicas, en cuanto a tallas y referencias, logrando un mejor nivel de servicio y una mejora en los beneficios económicos de la empresa.

Basándonos en una línea de tiempo de 6 meses, para diferentes escenarios posibles se obtiene un beneficio económico en promedio de \$149 millones y además un aumento en los niveles de servicio para cada punto de venta, lo cual beneficia a la organización económica y estructuralmente, dado que podrán tomar decisiones gerenciales y operacionales con valores coherentes al comportamiento de la demanda y la incertidumbre del mercado.

Adicionalmente, se generó un modelo que permitió clasificar las referencias icónicas de Whitman al evaluar variables como la rotación, los ingresos obtenidos por las referencias y el tiempo activas dentro de la empresa, permitiendo a la empresa centrar sus recursos en productos que son representativos tanto para la empresa como para sus clientes.

## 6. Conclusiones

Gracias al análisis de la situación actual de la empresa se logra concluir que la empresa tiene oportunidad de mejora en sus políticas de distribución y de producción para así poder incrementar sus ventas y evitar las pérdidas con respecto a las unidades que no se venden en los puntos de venta por el bajo nivel de servicio que se tiene actualmente. La empresa cuenta con una falta de estandarización en los procesos y organización al momento de solicitar la materia prima e insumos. Esta

falta de estandarización y control evita establecer indicadores para la toma de decisiones administrativas, financieras y de producción.

Gracias a los resultados obtenidos en el diagrama de Pareto, se puede afirmar que las ventas en las categorías escogidas se diferencian de las demás en más del doble siendo un indicio clave de su importancia dentro de la compañía, así mismo se tuvo en cuenta la rotación y dos indicadores que permiten identificar si estaban activas en el periodo actual y si han perdurado en la mayoría del tiempo, todo esto con el fin de poder centrarnos en las referencias representativas para la organización. Se logró concluir e identificar que estas referencias tienen un comportamiento de la demanda estacionaria.

Adicionalmente, con base en los resultados obtenidos se pudo concluir que para realizar unas buenas políticas de producción y distribución se tienen que evaluar aspectos diferentes, como lo son la distribución de tallas por referencias y punto de venta, y la distribución de referencias por punto de venta. Con estas variables se pudo evidenciar que existen porcentajes diferentes para la producción de tallas por referencias para cada tienda, es decir que no se deben mirar las tres tiendas como un conjunto si no por separado ya que las ventas de cada tienda se comportan de manera diferente y por ende el requerimiento de prendas también lo es. En cuanto a la política de distribución también se analizó que no existen porcentajes iguales para todas las referencias en todas las tiendas como lo maneja la empresa actualmente, si no que para cada tienda según la referencia se tienen requerimientos distintos.

Finalmente, podemos concluir que el modelo propuesto para la empresa Whitman para la gestión de producción y distribución es favorable al contrastarla frente a las políticas actuales, ya que, permite gestionar adecuadamente los recursos de la empresa, con el objetivo de aumentar los niveles de servicio y los beneficios económicos. También, podemos evidenciar que a pesar de que la mayoría de las referencias supero el 70% del nivel de servicio, aún existen referencias como Amarante, Laser, Camden que tienen niveles bajos, dado que no cuentan con una capacidad productiva suficiente para poder satisfacer la demanda.

### **Recomendaciones**

Por un lado, se puede afirmar que la empresa aún tiene oportunidades de mejora en cuanto al manejo de la producción asociado a la satisfacción de la demanda, es decir, para ciertas referencias icónicas el nivel de producción máximo que se maneja actualmente no permite saciar la demanda correspondiente, por lo cual, a pesar de la solución planteada, se siguen manejando niveles de servicios bajos. En consecuencia, se recomienda o bien sea aumentar el número de satélites o iniciar con la producción de ciertas referencias en la planta

Por otro lado, es necesario entender que el proyecto presente se centra en solo las referencias icónicas, por tanto, las demás referencias aún carecen de modelos matemáticos que permitan una toma de decisiones sustentada. Contemplando esto, se recomienda a la empresa desarrollar una metodología para el análisis correspondiente, teniendo en cuenta que son referencias que entran al mercado y salen después de cierto periodo, debido a la volatilidad de mercado textil y de la moda, cuyos modelos deben contemplar diferentes variables incluyendo las necesidades y gustos del consumidor. Se plantea el uso de redes neuronales que permitan un análisis mucho más robusto, identificando tendencias de una manera veloz y eficiente para la toma de decisiones operacionales de la empresa.

### **6. Anexos o Apéndices**

<b>N° Anexo</b>	<b>Nombre</b>	<b>Tipo de archivo</b>
1	Encuesta Nivel de servicio	PDF
2	WHITMAN GLOBAL	Excel
3	Pronósticos	Excel
4	Matriz DRP	Excel
5	Encuesta 2	PDF
6	Modelo Whitman Final	Gusek
7	Frecuencias	Excel
8	Simulación	Excel



## Referencias

- Bruce M and Daly L (2010). Adding value: challenges for uk apparel supply chain management – a review. *Production Planning and Control*; accepted.
- S.Smith, N. Agrawal. (2000). Management of Multi-Item Retail Inventory Systems with Demand Substitution ; *INFORMS*.
- Tsan Ming Choi, Chun Hung Chiu, & To, K. M. C. (2010). A fast fashion safety-first inventory model. *Textile Research Journal*, 81(8), 819–826.
- Koumanakos, D. (2008). The effect of inventory management on firm performance | *Emerald Insight*.
- Marín, J., García, J., & Gómez, O. (2013). Gestión de compras e inventarios a partir de pronósticos Holt-Winters y diferenciación de nivel de servicio por clasificación ABC. Retrieved 28 February 2020.
- L. Ferbar T. (2010), Joint optimisation of demand forecasting and stock control parameters, *International Journal of Production Economics* 127, Pp. 173-179.
- Al-Hawari, T., Ahmed, A., Khrais, S., & Mumani, A. (2013). Impact of assignment, inventory policies and demand patterns on supply chain performance. *International Journal Of Simulation Modelling*, (3), 164.
- J. Little, B. Coughlan (2008), Optimal inventory policy within hospital space constraints, *Health Care Manage Sci* 11, pp. 177–183.
- L. Tiacci, S. Saetta (2009), An approach to evaluate the impact of interaction between demand forecasting method and stock control policy on the inventory system performances, *International Journal of Production Economics*, 118, Pp. 63–71.
- R. H. Teunter, A. A. Syntetos, M. Z. Babai (2011), Intermittent demand: Linking forecasting to inventory obsolescence, *European Journal of Operational Research*, 214, Pp. 606–615.
- R. D. Snyder, A. B. Koehler, J. K. Ord (2002), Forecasting for inventory control with exponential smoothing, *International Journal of Forecasting* 18, pp. 5-18
- Davino, M., De Simone, V., & Schiraldi, M. (2014). Revised MRP for reducing inventory level and smoothing order releases: A case in manufacturing industry. *Production Planning And Control*, 25(10)
- Zavanella, L., & Zanoni, S. (2010). A one-vendor multi-buyer integrated production-inventory model: The ‘Consignment Stock’ case. *International Journal of Production Economics*, 125, 2010, Pages 212-213.
- Sánchez, O.P., Moras S. C., Cortés R.G., Hernández M. D. & Ferrer C. E. (2013). Análisis comparativo de modelos matemáticos para calcular los niveles de inventario y minimizar los costos del almacén de refacciones de una empresa vidriera. (Spanish). *Revista de la ingeniería Industrial*, 7(1), 37-50.
- Panzuto, N. da S., & Rodrigues, P. C. C. (2011). Analysis of inventory management in small business auto parts. 2011 4th International Conference on Logistics.
- Lagodimos, A. G., Skouri, K., Christou, I. T., & Chountalas, P. T. (2018). The discrete-time EOQ model: Solution and implications. *European Journal of Operational Research*,
- R. Y. K. Fung , X. Ma & H. C. W. Lau (2001) (T,S) policy for coordinated inventory replenishment systems under compound Poisson demands, *Production Planning & Control*,
- Aburto, L., & Weber, R. (2007). Improved supply chain management based on hybrid demand forecasts. *Applied Soft Computing*,
- Fahimnia, B., Luong, L., & Marian, R. (2011). Genetic algorithm optimisation of an integrated aggregate production–distribution plan in supply chains. *International Journal of Production Research*
- Heath, d. c., & Jackson, p. I. (1994). modeling the evolution of demand forecasts ith application to safety stock analysis in production/distribution systems.
- Bremer, M.,Daniels, L., McCarty, T.(2004)Six sigma black belt handbook.McGraw-Hill-