

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Control de Inventario en una Empresa Ecuatoriana de
Textiles: Mejora en los Procesos de Planificación y Control de
Producción.**

**Diego Alejandro Villarreal Godoy
Luis Fernando Córdor Simbaña**

Ingeniería Industrial

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de
INGENIERO INDUSTRIAL

Quito, 20 de diciembre de 2022

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

**Control de Inventario en una Empresa Ecuatoriana de
Textiles: Mejora en los Procesos de Planificación y Control de
Producción.**

**Diego Alejandro Villarreal Godoy
Luis Fernando Cóndor Simbaña**

Nombre del profesor, Título académico Carlos Alberto Suárez Nuñez, PhD.

Quito, 20 de diciembre de 2022

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Nombres y apellidos: Diego Alejandro Villarreal Godoy

Código: 00208096

Cédula de identidad: 0401705116

Nombres y apellidos: Luis Fernando Cóndor Simbaña

Código: 00204109

Cédula de identidad: 1724595044

Lugar y fecha: Quito, 20 de diciembre de 2022.

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETheses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETheses>.

RESUMEN

El presente caso de estudio detalla el análisis realizado en una empresa textil en el Ecuador enfocada en la personalización. Mismo que, desconocía los tipos de productos más importantes, tenía un lead time elevado, manejo inadecuado de inventario y componentes; problemas que se derivan de un incompleto control de producción. Es por ello que el presente estudio tiene como propósito aplicar el uso correcto de agrupación de ítems, pronósticos de la demanda, manejo de inventario, MRP y optimización de lotes de componentes, con el objetivo de proponer una solución para los problemas planteados. Para el estudio se utilizan modelos cuantitativos de series de tiempo Holt-Winters; modelos de inventario (Q, R) servicio tipo 2 y métodos alternativos para definir tamaños de lote. Obteniéndose una propuesta de políticas de inventario óptima enfocada en evitar faltante, organizado este modelo mediante una correcta planificación de materiales alimentada por pronósticos enfocado en los ítems más importantes para la organización.

Palabras clave: Optimización, Agrupación de Artículos, Pronóstico, Inventario, MRP, Tamaños de Lote, Control de Producción, Industria Textil, Ingeniería Industrial.

ABSTRACT

This case study details the analysis carried out in a textile company in Ecuador focused on personalization. The same that was unaware of the most important types of products, had a high lead time, inadequate inventory, and component management; problems derived from incomplete production control. That is why the purpose of this study is to apply the correct use of item grouping, demand forecasts, inventory management, MRP and component batch optimization, with the aim of proposing a solution to the problems raised. For the study, quantitative models of Holt-Winters time series are used; inventory models (Q, R) service type 2 and alternative methods to define lot sizes. Obtaining a proposal for optimal inventory policies focused on avoiding shortages, organized this model through a correct planning of materials fed by forecasts focused on the most important items for the organization.

Key words: Optimization, Item Grouping, Forecasting, Inventory, MRP, Lot Sizes, Production Control, Textile Industry, Industrial Engineering.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	11
<i>Industria Textil Mundial.....</i>	<i>11</i>
<i>Industria Textil Ecuatoriana.....</i>	<i>12</i>
<i>Descripción de la Empresa.....</i>	<i>14</i>
DESARROLLO DEL TEMA.....	16
<i>Revisión Literaria.....</i>	<i>16</i>
Pronósticos.....	16
Importancia y características generales.....	16
Evaluación de pronósticos.....	22
Inventarios.....	24
Importancia y características generales.....	24
Modelos para el control de inventario.....	27
Costos de Inventario.....	31
Programa Maestro de Producción.....	33
Planeación Requerimiento de Materiales.....	34
Tamaños de Lote.....	35
METODOLOGÍA.....	37
<i>Etapa 1: Definición del problema.....</i>	<i>39</i>
<i>Etapa 2: Recolección y limpieza de datos.....</i>	<i>40</i>
<i>Etapa 3: Clasificación de artículos.....</i>	<i>41</i>
<i>Etapa 4: Clasificación de Familias: Análisis ABC.....</i>	<i>41</i>
<i>Etapa 5: Pronósticos.....</i>	<i>42</i>
<i>Etapa 6: Modelos de Inventario.....</i>	<i>43</i>
<i>Etapa 7: Plan agregado de producción.....</i>	<i>43</i>
RESULTADOS	44
<i>Resultados Análisis ABC.....</i>	<i>45</i>
<i>Resultados Pronósticos.....</i>	<i>45</i>
<i>Resultados Inventario.....</i>	<i>48</i>
Costo de Mantener Inventario.....	52
<i>Resultados MRP.....</i>	<i>62</i>
Tamaño de Lote Óptimo para componentes.....	68
Lote-Lote.....	69
CEP.....	69
Heurística de Silver-Meal.....	70
CONCLUSIONES.....	72
LIMITACIONES	74
BIBLIOGRAFÍA.....	76

ANEXOS 79

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Evaluación de la calidad del Pronóstico a través del error MAPE	24
Tabla 2.	Número de SKUs por familia de telas ordenado por importancia.....	45
Tabla 3.	Medidas de Error Finales para las agrupaciones más importantes	48
Tabla 4.	Telas más importantes con los valores p obtenidos después de las pruebas de normalidad.....	49
Tabla 5.	Resumen de datos de costos y parametros para la Tela Hindu 180.....	53
Tabla 6.	Parametros de la demanda para la Tela Hindu 180	54
Tabla 7.	Tiempo Fijos y Variables para la Tela Hindu 180.....	55
Tabla 8.	Métricas para los niveles de servicio	60
Tabla 9.	Políticas de Inventario Finales para los tipos de tela más importantes.....	61
Tabla 10.	Programa Maestro de Producción para la tela Hindu 180 semana 1-8.....	63
Tabla 11.	Requerimientos para la producción de tejeduría para formar la tela cruda.....	63
Tabla 12.	Requerimientos de Hilo para Tejeduría	64
Tabla 13.	Requerimientos para el proceso de Engomado	65
Tabla 14.	Requerimientos para la Goma Textil	66
Tabla 15.	Requerimientos Urdido	66
Tabla 16.	Requerimientos Hilo Urdimbre.....	67
Tabla 17.	Requerimientos Brutos Agrupados para el Hilo 16/1 ALG.OE.AT.....	67
Tabla 18.	Requisición para el Hilo 16/1 ALG.OE.AT Considerado método Lote-Lote.....	69
Tabla 19.	Requisición para el Hilo 16/1 ALG.OE.AT Considerado método CEP.....	69
Tabla 20.	Requisición para el Hilo 16/1 ALG.OE.AT Considerado método Silver-Meal.....	70
Tabla 21.	Tabla resumen de los resultados de costos obtenidos por aplicar diferentes métodos para planificar lotes.....	71

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Serie de Tiempo paara la familia 1 subgrupo 180 el pronóstico.....	46
Figura 2. Serie de Tiempo Hindu 180 Ajustada.....	47
Figura 3. Transformación Box Cox para la Tela tipo Lona	50
Figura 4. Prueba de Normalidad para los datos transformado	50
Figura 5. Curva de Intercambio Stock de Seguridad vs Inversión Costo Anual Promedio	60
Figura 6. Diagrama Estructural para la Tela Hindu 180	62

INTRODUCCIÓN

Industria Textil Mundial

La industria textil es una compleja área de producción que abarca el desarrollo de varias funciones, desde la fabricación hasta la distribución de textiles y prendas de vestir. Dentro de la fase de elaboración, son necesarias materias primas (tanto naturales como sintéticas) para preparar las fibras; esta consta de un proceso de limpieza, corte y mezcla de colores. Posterior a esto, se encuentra el proceso de elaboración de hilo, los procesos de tejido, confección y finalmente, de acabado (Corporación, 2021). Una de las características clave de la industria textil es su impacto global, las fibras textiles producidas en un país pueden transportarse por todo el mundo, lo que permite la fabricación de productos de continente a continente. Además, como una industria intensiva en mano de obra, el sector de la fabricación textil a menudo se basa, o incluso se reubica, en regiones donde los salarios son bajos (Passport, 2021).

Por otro lado, dado a su importante rol dentro de diferentes sectores, la industria manufacturera es altamente vulnerable al estado de la economía mundial. En el año 2020, se reflejó una disminución de la producción textil como consecuencia del brote de COVID-19; específicamente, gracias a un consumo doméstico débil de prendas de vestir y textiles para el hogar, junto con el retroceso de la demanda por parte del sector automotriz, mueblería y entre otros. Esta industria se vio significativamente afectada, al presentarse una disminución del valor de la producción durante ese año. Sin embargo, se espera que para el año 2023, se presente una recuperación total, gracias a la recuperación general de la producción y las ventas globales (Passport, 2021).

La producción textil es muy intensiva con relación a la mano de obra, los salarios

en aumento a escala mundial y la reubicación de la fabricación en Europa, que seguirá ejerciendo presión sobre los márgenes de beneficio; junto con el aumento en los precios del combustible, los costos de producción y de transporte. Para compensar los costos y mantenerse competitivos, muchos actores clave se dedican a mejorar sus cadenas de suministro y la previsión de la demanda, para satisfacer las expectativas y necesidades de los clientes (Passport, 2021).

La pandemia de COVID-19 causó un gran impacto en la región latinoamericana con una caída repentina en la productividad textil. No obstante, se proyecta que el mercado textil latinoamericano registre una tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) de 4.2% durante el período 2020-2026. El mercado mexicano de textiles y prendas de vestir es uno de los principales mercados de la región; además de funcionar como proveedores clave de textiles y prendas de vestir de los Estados Unidos, aunque, estos han enfrentado dificultades en la fabricación debido al confinamiento y otras medidas de seguridad. Por otro lado, Perú es el mayor exportador de prendas de vestir de América del Sur con un crecimiento de 34.7%, superior al periodo de enero – julio de 2021 (Sunat, 2022). Se espera que Brasil y Colombia tengan potencial de crecimiento en sus cadenas de suministro y mercado textil, respectivamente (Passport, 2021).

Industria Textil Ecuatoriana

La industria textil ecuatoriana se remonta a la época colonial, comienza con la lana y se expande hacia el algodón en el siglo XX. Hoy en día, la industria textil ecuatoriana elabora productos a partir de todo tipo de fibras, siendo las más importantes: el algodón, el poliéster, el nailon, los acrílicos, la lana y la seda (AITE, 2021). Entre las

provincias con mayor número de empresas dedicadas a esta actividad se encuentra: Guayas (40%), Pichincha (34%), Azuay (9%), Tungurahua (9%) e Imbabura (4%). Según estadísticas levantadas por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), este tipo de industria empleó a 158 mil ecuatorianos, lo que la convierte en el segundo empleador manufacturero más grande del país (AITE, 2021). Actualmente, la industria textil y de la confección, es la tercera más grande del sector manufacturero, aportando más del 7% del PIB manufacturero nacional (Corporación, 2021).

Así mismo, a medida que la industria textil en Ecuador se recupera de la pausa en la producción por la pandemia de COVID, hay muchas oportunidades y cambios en el horizonte. Un área de crecimiento que la pandemia de COVID trajo a la región ecuatoriana, es el crecimiento de las empresas que se dedican al segmento de moda directo al consumidor, ya que estas se beneficiaron de la expansión de las compras en línea (AITE, 2021). Otra oportunidad radica en la conciencia ambiental en las sociedades occidentales, particularmente entre los consumidores de clase media alta, los fabricantes textiles están cambiando su enfoque hacia la producción "verde". Esto incluye la reducción de la huella de carbono, el uso de material reciclado y el uso de procesos de producción más respetuosos con el medio ambiente (Arroba, 2021). Por último, se espera que los avances tecnológicos impulsen la industria, no necesariamente reduciendo los costos, sino que faciliten el acceso a la inteligencia artificial o diseños personalizados y la capacidad de crear más fibras artificiales (que resultan ser más respetuosas con el medio ambiente), con facilidad (Arroba, 2021).

Descripción de la Empresa

Mediante un acuerdo realizado con la empresa, se garantiza la confidencialidad de los resultados obtenidos, durante el proceso de realización, defensa y evaluación de la Tesis. Por tal motivo las empresas involucradas en el proyecto han decidido mantener su anonimato, de manera que en este proyecto nos referiremos a ellas como “Empresa A” y “Empresa B” localizadas al sur de la ciudad de Quito.

Estas empresas pertenecen a un Grupo Corporativo, en donde la empresa “Empresa A” es una empresa textil con 110 trabajadores. Esta empresa tiene más de 65 años de trayectoria en la industria textil, que se enfoca en la producción de productos confeccionados y telas terminadas. Existen 3 876 SKU’s de productos confeccionados; entre los más importantes se encuentran juegos de sábanas, delantales, manteles y cortinas. En cambio, las telas terminadas tienen un total de 1 690 SKU’s, en donde sus principales características son establecidas dependiendo el diseño, tipo de tela, tinturado y estampado.

Por otro lado, “Empresa B” se encarga principalmente de la distribución de los productos que realiza “Empresa A”, donde existen tres canales de distribución utilizados por la empresa. El primero es por medio de cadenas que comercializan los productos confeccionados; el segundo es por locales que pertenecen a la “Empresa B”, donde se comercializa la tela terminada y los productos confeccionados. Por último, existen distribuidores estratégicos, establecidos por zonas, que se encargan de comercializar las telas terminadas a las distintas provincias del Ecuador.

Ahora bien, para programar la producción, estas empresas utilizan el inventario inicial y el pronóstico de ventas de un producto dado, con el objetivo de cumplir con la demanda esperada de los clientes. Este cálculo se vuelve más complejo cuando se trata de varios productos confeccionados, donde los errores de pronóstico y las limitaciones de capacidad pueden generar incertidumbre en el proceso de planificación. Actualmente, la empresa no cuenta con una metodología de análisis de su demanda para establecer los niveles óptimos de inventarios que deben manejar, por lo que el presente estudio busca proporcionar una planificación de la producción mediante un análisis de pronósticos de la demanda, utilizando datos de 2 años atrás, desde enero del año 2021 hasta octubre del año 2022. Además, desarrollar un sistema de control de inventario para mejorar el desempeño de sus operaciones.

DESAROLLO DEL TEMA

Revisión Literaria

Pronósticos.

Importancia y características generales.

Los pronósticos son predicciones de demanda para periodos futuros, de tal modo que es el análisis predictivo de los datos históricos de la demanda para predecir o estimar la demanda futura ya sea de manera subjetiva u objetiva.

De acuerdo con Rodríguez (2014), los pronósticos son una herramienta que permite tomar decisiones fundamentales anticipadamente dentro de una organización ya sea esta grande, mediana o pequeña, debido a que ayuda a reducir el grado de incertidumbre de la demanda futura. Además, es sustancial resguardar las decisiones empresariales con algo más que la intuición, por este motivo es fundamental respaldar este tipo de decisiones con la elaboración de pronósticos fiables y confiables, que logren determinar y anticipar las necesidades en la planeación de la producción, la capacidad, el almacenamiento, el transporte y entre otras (Hanke y Wichern, 2006).

Así mismo, Conteras et al. (2016) afirma que la realización de pronósticos utilizables y aplicados para la planificación de toda la organización reduce la incertidumbre de toda la cadena de suministros, y de igual forma, permite atenuar el “Efecto Látigo” que es el desajuste entre la demanda real de un producto o servicio respecto con su contraparte de la demanda planificada de los intermediarios involucrados en la cadena de suministro, esto trae como consecuencias aumentos innecesarios de producción . Principalmente, se pretende trabajar en asociación con toda la cadena, con el fin de determinar estrategias que beneficien a todos los participantes y así, lograr alinear sus pronósticos y disminuir los inventarios, es decir, aumentar la

rentabilidad para todos los miembros de la organización (Torres, 2011).

Por otra parte, los métodos de pronósticos se pueden clasificar en cualitativos y cuantitativos. En el caso de los cualitativos se basan en el juicio, intuición u opiniones para generar estimaciones futuras; se utilizan cuando los datos históricos son escasos o resulta complicado establecer la tendencia (Heizer & Render, 2008). Según Nahmias (2014) dentro de los métodos cualitativos, se encuentra el método de opinión ejecutiva, que sirve para agrupar las diferentes opiniones de directivos y expertos con el fin de determinar el ciclo o la etapa en la que se encuentra un producto, y en base a eso pronosticar sus ventas. También, está el método de Delphi, utilizado para realizar pronósticos a largo plazo, en donde se utilizan paneles con expertos para que interactúen entre si y poder llegar a un consenso sobre cuanto pronosticar sobre un mercado específico. Por último, la investigación de mercados que se basa en la opinión de los clientes potenciales del mercado acerca de los productos potenciales, e intentar de esta manera averiguar la demanda de ciertos productos o servicios.

Por el contrario, el método cuantitativo, se utiliza principalmente cuando los datos históricos son relevantes para su análisis, en donde se manipulan sistemas matemáticos para realizar el procesamiento de los datos. Sin lugar a duda estos tipos de métodos cuantitativos son utilizados siempre y cuando existan datos históricos disponibles (Ghiani, Laporte y Musmanno, 2004). A su vez los métodos cuantitativos pueden ser clasificados en series de tiempo, métodos causales y métodos híbridos (Chopra & Meindl, 2013).

Las series de tiempo son secuencias de patrones ordenadas cronológicamente, en donde se utilizan datos históricos para su análisis y posteriormente la realización de

los pronósticos. Nahmias (2007) describe algunos patrones dentro de las series de tiempo, estas pueden ser estacionarias, con o sin tendencia y con o sin estacionalidad. Estacionario ocurre cuando la demanda es estable a lo largo de la serie de tiempo, eso quiere decir una media y desviación estable también, la tendencia es la inclinación de una serie de tiempo a exhibir un patrón estable de crecimiento o decrecimiento, finalmente la estacionalidad describe un patrón que se repite en intervalos fijos y que es consistente a lo largo de la serie de tiempo. Sin embargo, hay series de tiempo aleatorias que prácticamente no presenta ningún patrón reconocible para los datos.

Modelos matemáticos de pronóstico.

Dentro de los métodos de series de tiempo se encuentra el promedio móvil, es la media de las N observaciones más recientes en donde el resultado es el pronóstico de la demanda del siguiente periodo (Heizer & Render, 2008). Este método se debe utilizar para patrones sin tendencia ni estacionalidad, por lo que es recomendado para patrones con demanda estacionaria (Chopra & Meindl, 2013).

El suavizamiento exponencial o Método de Brown, se basa en un promedio ponderado del último pronóstico de la demanda y el valor actual de la demanda. El coeficiente de suavizamiento, α , es el valor que determina la ponderación relativa colocada en la observación de demanda actual, en donde puede tomar valores entre $0 < \alpha < 1$ y el peso aplicado al último pronóstico es de $1 - \alpha$ (Nahmias, 2014). Según Nahmias (2007), si α es cercano a 1, se realiza mayor ponderación en la observación actual de demanda y menos ponderación sobre las observaciones históricas, así pues, genera modelos que se ajustan excesivamente a las variaciones de la demanda. Caso

contrario si α es cercano a 0, se asigna mayor peso en los datos pasados y menos a los actuales. Es recomendable constantes de suavizamiento bajas entre 0.1 y 0.2 para mantener estabilidad en los pronósticos, pero para también ajustarse adecuadamente a las variaciones de la demanda.

El suavizamiento exponencial doble o método de Holt, es un método diseñado para dar seguimiento a series de tiempo con tendencia lineal, que requiere la especificación de dos constantes de suavizamiento α y β . Además, este método utiliza dos ecuaciones separadas: una para suavizar la intercepción de la serie y una para el suavizamiento de la pendiente. Se interpreta que la suma del intercepto más la pendiente da como resultado al pronóstico. (Delgadillo-Ruiz et al., 2016).

$$F_t = \alpha D_{t-1} + (1 - \alpha)F_{t-1} \quad (1)$$

$\alpha =$ Constante de suavizamiento

$D =$ Demanda en un periodo determinado por t

$F =$ Pronóstico para un periodo determinado por t

$t =$ periodo ha pronosticar

$t - 1 =$ periodo anterior a t

Formula 2.1

Esta fórmula es muy parecida a la expuesta para el método de suavizamiento exponencial, explica la intercepción desde el punto de vista de una función lineal, donde el término $S_{t-1} + G_{t-1}$ representa la observación más reciente.

$$S_t = \alpha D_t + (1 - \alpha)(S_{t-1} + G_{t-1}) \quad (2)$$

$S_t =$ Valor de la intercepción en el tiempo t

Formula 2.2

Esta fórmula maneja el mismo concepto de la fórmula de suavizamiento exponencial pero aplicada en la pendiente.

$$G_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)G_{t-1} \quad (3)$$

$G_t =$ Valor de la pendiente en el tiempo t

Formula 2.3

El pronóstico no es más que la suma del intercepto y la pendiente de un periodo determinado.

$$F_t = S_t + G_{t-1} \quad (4)$$

$F_t =$ Pronóstico en el tiempo t

El suavizamiento exponencial triple o Winters, es el método que se utiliza para pronosticar series de tiempo con estacionalidad y tendencia (Nahmias, 2007). Es un método en donde se utilizan tres ecuaciones de suavizamiento, una para la intercepción (α), para la pendiente o demanda desestacionalizada (β) y factores estacionales que existen en cada periodo (γ).

$$S_t = \alpha \left(\frac{D_t}{C_{t-N}} \right) + (1 - \alpha)(S_{t-1} + G_{t-1}) \quad (5)$$

$\alpha =$ Coeficiente de la demanda descentralizada

$\beta =$ Coeficiente de tendencia

$\gamma =$ Coeficiente de factores etaciones

La ecuación (5) es similar a lo planteado en el método del doble suavizamiento exponencial para S_t ecuación (2), sin embargo se adiciona que la demanda sea desestacionalizando con el factor estacional apropiado.

$$G_t = \beta[S_t - S_{t-1}] + (1 - \beta)G_{t-1} \quad (6)$$

La ecuación (6) y ecuación (3) son similares y encargadas del suavizamiento de la tendencia o pendiente

$$C_t = \gamma \left(\frac{D_t}{S_t} \right) + (1 - \gamma)C_{t-N} \quad (6)$$

Esta ecuación es la encargada de suavizar el componente estacional, el factor estacional es el cociente entre la demanda u observación correspondiente para el valor del intercepto o señal base.

$$F_{t,t+\tau} = (S_t + \tau G_t)C_{t+\tau-N} \quad (7)$$

Una vez generado el modelo en un t determinado se puede pronosticar a partir de el para los siguientes periodos.

Existen dos tipos de métodos en este modelo de Winters dependiendo si la estacionalidad se encuentra de forma aditiva o multiplicativa (Chopra & Meindl, 2013). El método aditivo se usa cuando las variaciones estacionales son constantes sin tomar en cuenta la tendencia. En cambio, el método multiplicativo es utilizado cuando las variaciones estacionales cambian proporcionalmente con el factor estacional de la serie (Chopra & Meindl, 2013).

En el anexo 1, se muestra la clasificación de los métodos de pronósticos para series de tiempo (Burgaentzle, 2016). A continuación, se destaca en que momentos o bajo qué condiciones o patrones es correcto utilizar los métodos expuestos.

tabla

Evaluación de pronósticos.

Un buen pronóstico es más que solo una estimación de la demanda o un simple número, dado que los pronósticos generalmente están equivocados es correcto para un buen pronóstico incluir una medida de error. Por lo general, se utiliza un error de pronóstico con el fin de evaluar la precisión y calidad del método de pronóstico seleccionado (Rakićević & Vujošević, 2015).

$$e_t = F_t + D_t \quad (8)$$

e_t = error del pronóstico para el periodo t

F_t = pronóstico para el periodo t

D_t = demanda real para el periodo t

Dentro de la medida de exactitud pronósticos más utilizadas en la práctica son la desviación absoluta media (DAM), error cuadrático medio (ECM) y error porcentual absoluto medio (EPAM). Partiendo de que e_1, e_2, \dots, e_n son errores de pronóstico observados en n periodos, a partir de ello se puede aplicar las siguientes ecuaciones (Nahmias, 2007).

Formula DAM

Esta ecuación no es más que el promedio de la magnitud de los errores para los periodos observados.

$$DAM = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n |e_i| \quad (9)$$

Formula ECM

Es una medida de dispersión del error parecida a la varianza, donde se penaliza las diferencias de medidas de errores más grande respecto a las más pequeñas.

$$ECM = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n e^2 \quad (10)$$

Formula EPAM

Esta medida entrega el valor en términos porcentuales respecto a la demanda real.

$$EPAM = \left[\left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n \left| \frac{e_i}{D_i} \right| \right] \times 100 \quad (11)$$

El EPAM es una medida de exactitud de pronósticos independiente de las unidades a diferencia del DAM y ECM, por lo que en manera general es más aplicable para comparar entre pronósticos dentro de varias industrias (Nahmias, 2007). Además, el DAM y ECM por si solos los valores calculados no muestran si el pronóstico es bueno o no.

De acuerdo con Ghiani, Lapote y Musmanno (2004), para evaluar la calidad y precisión de los pronósticos es recomendable realizarlo a partir del EPAM, ya que representa en % la demanda que se hubieran pronosticado inadecuadamente, en otras palabras, el error de pronóstico, ya sea por una sobreestimación o una subestimación sobre la demanda real. Bajo este concepto se puede clasificar los pronósticos de la siguiente manera.

Tabla 1. Evaluación de la calidad del Pronóstico a través de la medida de error EPAM

Rango (%)	Calidad del Pronóstico
0 – 10	Pronóstico muy bueno
11 – 20	Pronóstico bueno
21 – 30	Pronóstico moderado
> 30	Pronóstico pobre

(Ghiani, Laporte & Musmanno, 2004)

Un pronóstico muy bueno es que solo permite hasta un 10 % de EPAM, esto quiere decir que el modelo de pronóstico debe haber acertado al menos el 90 % de la demanda real.

Inventarios.

Importancia y características generales.

Los sistemas de inventario dentro de las empresas es un factor importante, su objetivo fundamental es que ayudan a actuar frente las variaciones de la demanda, además de facilitar el correcto sistema de control de la producción (Ehrhardt y Brigham, 2007). Por otro lado, el incorrecto manejo de inventarios como su exceso genera costos financieros pues la inversión se queda almacenada sin generar rendimientos, incrementan costos de mantenimiento y produce pérdidas obsolescencia dependiendo de la vida útil de los artículos.

Según Nahmias (2007) afirma que cuando se hace referencia a los inventarios en el entorno de la manufactura, existen cuatro tipos: primero materias primas, que son los materiales esenciales que pasan por un proceso de producción; segundo componentes, que son artículos no terminados que siguen en el proceso de producción; tercero trabajo en proceso, que es el inventario que se encuentra en espera para ser procesado, y cuarto

bienes terminados, que son los artículos terminados, productos finales una vez que han pasado por todo el proceso de producción.

De igual manera, es importante mencionar las principales razones para mantener inventarios. Nahmias (2007) alude las más principales: economías de escalas, refiriéndose a que pedir o producir lotes grandes probablemente es más económico que hacerlo en lotes pequeños. Para hacer frente a la incertidumbre en la demanda, incertidumbre en los tiempos de demora e incertidumbre en el abastecimiento. Cuando existe especulación de componentes o materia prima, se acumulan inventarios al anticiparse a un alza en los costos. Finalmente, los costos de control de producción, monitorear un sistema con pedidos semestrales probablemente sea más barato que monitorear un sistema con pedidos semanales donde se debe gestionar con mayor frecuencia los pedidos y entregas.

Los sistemas de inventario son un conjunto de normas, métodos y procedimientos utilizados para la planificación y control del inventario. Los sistemas de inventario tienen algunas características generales como: tipos de patrones de la demanda que abastecen sea esta conocida en el caso de la demanda sea estacionaria o se conozca con alta precisión la demanda futura, por otro lado, el patrón de demanda incierto cuando existe un componente de incertidumbre en la demanda generalmente este tipo de modelos son más realistas y complejos que sus contrapartes deterministas. Tiempo de revisión sea este continuo donde se conoce el estado del inventario todo el tiempo o discreto donde el nivel del inventario se conoce solo en momentos puntuales. Y el tratamiento de la demanda no cubierta si esta se acumula como pedidos atrasados o se pierde.

Análisis ABC

Debido a que gestionar modelos de inventario y pronóstico es un costo considerable, debe existir un intercambio favorable entre el control del sistema y los beneficios potenciales. Es claro que un artículo que genera una rentabilidad de \$ 50 anuales no debería ser gestionado en un sistema de control con un costo anual de \$ 100.

Según Heizer y Render (2008) proponen utilizar el método ABC para definir las políticas de inventarios hacia unos pocos artículos críticos y no en muchos triviales. Para determinar la clasificación se hace en base a la utilidad anual de cada artículo, ordenando de manera decreciente de la utilidad acumulada para cada ítem, de manera que los primeros ítems son los que aportan mayor porcentaje de la utilidad global de la organización. (Heizer & Render, 2008). De esta manera se logra clasificar el inventario en tres grandes categorías: la categoría A esta formada por los artículos que tiene una utilidad anual en dólares alto, lo que corresponde a un alto porcentaje del valor de la utilidad, usualmente este valor es de 80 por ciento. Además. los productos que conforman esta categoría deben revisarse de manera continua y se aconseja llevar un alto nivel de servicio (Nahmias, 2007). La categoría B son los artículos que tienen un volumen anual en dólares medio, por lo que representa un porcentaje más bajo que normalmente es de 15 por ciento de la utilidad total. Finalmente, la categoría C que representan a los ítems restantes con tan solo un 5 por ciento de la utilidad anual en dólares (Heizer & Render, 2008). Los productos de la categoría tipo C son triviales y no aportan con beneficios importantes para la organización, por lo que es aconsejable el mínimo control, para los artículos C no costoso se recomienda tamaños grandes de lote para minimizar costo de preparación, y para los artículos costosos tipo C la mejor

política es fabricar solo bajo pedido (Nahmias, 2007).

Modelos para el control de inventario.

Existen diferentes modelos de inventarios y los costos asociados a ellos, por tal motivo es necesario definir el tipo de demanda que se está manejando, el tipo de revisión y el tratamiento de los faltantes (Heizer & Render, 2008).

Dentro de los modelos de inventario determinísticos existe el modelo CEP o EOQ , es el modelo de cantidad económica de pedido. Según Nahmias (2007), los supuestos que se deben tomar en cuenta para este modelo son: demanda conocida e independiente, plazo de aprovisionamiento conocido, no se permiten faltantes y una revisión continua de inventario. Mediante estos supuestos se pretende elegir el Q (tamaño de pedido) óptimo que minimice los costos totales realizando un balance entre los costos de mantener inventario y los costos de generar un pedido. (Hillier & Lieberman, 2010).

En cambio, dentro de los modelos estocásticos que son diseñados para analizar la incertidumbre de las demandas futuras, se encuentra el modelo de repartidor de periódicos. Este modelo asume una demanda no conocida y un sistema de revisión discreta de inventario, para manejar la demanda no conocida se lo realiza con aproximación a una distribución de probabilidad para explicar la demanda. Según Piñero (2019), se debe suponer una distribución normal con una media igual al pronóstico del siguiente periodo. Mediante este modelo se pretende determinar la cantidad de pedido Q, que minimice la función de costo esperada (Porteus, 2008).

Dentro de los modelos estocásticos se encuentra el modelo (Q, R) o también llamado por Nahmias (2007), tamaño del lote – punto de reorden. Este modelo

contempla algunos supuestos en donde la revisión del inventario es continua, la demanda está asociada a una función de densidad de probabilidad, tiempo fijo de demora y costos asociados (Nahmias, 2007).

Formula de costo general

Para encontrar los valores óptimos de Q y R se deriva parcialmente esta ecuación para estos dos elementos Q, R y se igualan para 0 cada 1, obteniendo dos ecuaciones finales complementarias. El valor de R es dependiente del valor de Q por medio del término $1 - F(R)$, así mismo el valor de Q es dependiente de R por el término $n(R)$

$$Q = \sqrt{\frac{2\lambda(K + p n(R))}{h}} \quad (12)$$

Mediante esta ecuación se calcula el Q óptimo para este modelo

$$1 - F(R) = Qh/p\lambda \quad (13)$$

$1-F(R)$ representa la probabilidad de que la demanda se satisfaga completamente en un ciclo

Las ecuaciones (12) y (13) entran a un procedimiento de iteración hasta que los valores de Q y R sean relativamente iguales en unidades entre iteración e iteración, la convergencia generalmente ocurre después de 2 o 3 iteraciones. Este procedimiento se inicia utilizando el valor de $Q_0 = CEP$ (Nahmias, 2007).

Sin lugar a duda, unos de los costos más complicados de obtener en este modelo es el costo por faltante, ya que este ligado a varios factores intangibles principalmente la pérdida de buena voluntad del cliente. Por ello se puede trabajar con variaciones de

este modelo cuando no se conoce con claridad el costo de faltantes.

Nahmias (2007), menciona que el nivel de servicio es un sustituto común del costo de faltantes, por lo que, indica la probabilidad de cumplir con la demanda esperada. Piñero (2019) alude que los niveles de servicio se pueden aplicar a sistemas de revisión continua como es el caso del modelo (Q, R), en donde se obtiene dos tipos de servicio, Tipo 1 y Tipo 2. El servicio Tipo 1 especifica la probabilidad de no tener faltantes durante el tiempo de demora, es adecuado su uso cuando los faltantes tienen la misma consecuencia independiente de su tiempo o cantidad, en cambio el tipo 2 es la proporción de las demandas que se suministran con el stock de seguridad (Nahmias, 2007). Normalmente para describir al servicio tipo 2 se utiliza el término tasa de cumplimiento que es el término que los gerentes entienden por servicio.

Si despejamos el valor de p para la ecuación 2 y lo reemplazamos en la ecuación 1 obtenemos la fórmula para el Q para el servicio tipo 2

$$Q = \frac{n(R)}{1 - F(R)} + \sqrt{\frac{2K\lambda}{h} + \left(\frac{n(R)}{1 - F(R)}\right)^2} \quad (14)$$

Para el servicio tipo 2 se debe especificar una constante Beta que esta entre 0 y 1 esta especifica la proporción de demanda a cumplir por ciclo, un valor de 1 esperaría cumplir con toda la demanda por cada ciclo y corresponde a un nivel de servicio del 100 %.

$$n(R) = (1 - \beta)Q \quad (15)$$

A partir de $n(R)$ se puede estimar R o el punto de reorden

$$n(R) = \alpha L\left(\frac{R - \mu}{\sigma}\right) = \sigma L(z) \quad (16)$$

Supuesto de Normalidad.

Las ecuaciones expuestas para la demanda estocástica parten del supuesto que la demanda de probabilidad sigue una distribución normal, ya que gran parte de las aplicaciones son resueltas sobresalientemente por este modelo, sin embargo, no es la única alternativa disponible. Cuando los datos no son normales se puede utilizar distribuciones de probabilidad más apropiadas como el modelo de Poisson, Laplace, entre otras (Nahmias, 2007).

Por ello es muy importante comprobar que los datos sigan una distribución normal antes de aplicar estos modelos, esto se lo puede conseguir mediante la Prueba Anderson-Darling, se parte de la hipótesis nula que los datos son normales y en su contraparte la hipótesis alternativa que los datos no siguen una distribución normal. Esta prueba compara la función de distribución acumulada empírica (ECDF) de los datos de la muestra con la distribución esperada si los datos fueran normales. Si la diferencia observada es estadísticamente significativa, se deberá rechazar la hipótesis nula de normalidad de las observaciones.

En caso de que los datos muestren no ser normales se puede recurrir a la prueba Box-Cox como último intento de aún utilizar una distribución normal, este es un método que prueba distintas familias de potenciales transformaciones para corregir los sesgos de distribución. El método se encarga de escoger la mejor transformación para ajustar los datos a una distribución normal, por medio de un valor de lambda ajustado. La

siguiente tabla muestra los valores la transformación apropiada de acuerdo a la lambda ajustado.

Tabla 2. Tabla de transformación Box Cox de acuerdo al lambda ajustada.

Valor Lambda (λ)	Transformación (Y)
-3	$Y^{-3} = \frac{1}{Y^3}$
-2	$Y^{-2} = \frac{1}{Y^2}$
-1	$Y^{-1} = \frac{1}{Y^1}$
-0,5	$Y^{-0,5} = \frac{1}{(\sqrt{Y})}$
0	$\log(Y)$
0,5	$Y^{0,5} = \sqrt{Y}$
1	$Y^1 = Y$
2	Y^2
3	Y^3

Asumamos que para una serie de datos se aplica el modelo Box-Cox y se obtiene un lambda de 2, bajo este lambda se deberá elevar al cuadrado todas las observaciones, luego calcular los estadísticos necesarios para el modelo como son la media y desviación, luego realizar la operación inversa para estos estadísticos calculados, con el fin de volver a las unidades originales, en este caso corresponde a la raíz cuadrada para los estadísticos.

Costos de Inventario.

Dentro de la literatura estudiada, los modelos de inventario tienen asociados una serie de costos. El costo de mantener inventario pertenece a todos los costos que se relacionen a mantener la mercancía en el almacén. En efecto, Raturi & Singhal (1990) mencionan que estimar adecuadamente el costo de inventario ayuda a tomar importantes

decisiones referente a posibles inversiones para reducir la cantidad de inventarios en una empresa. Este tipo de costo puede ser dividido entre los costos tangibles y los costos intangibles; los costos tangibles incluyen el costo de las maquinas, el arrendamiento del espacio físico, el personal, los gastos de servicio y otros factores ambientales. Mientras que, los costos intangibles están a su vez compuestos por el costo de oportunidad, costo de seguro para el inventario, costos de inversión y costos de obsolescencia (Cheng et al., 2009).

En cambio, el costo de preparación es el coste relacionado a la preparación de una máquina o proceso que se requiere para realizar un pedido. Este costo está correlacionado con el tiempo de preparación, ya que se requiere una gran cantidad de trabajo antes de empezar la preparación (Heizer & Render, 2008). Según Heizer & Render (2008), si se tiene una planificación correcta, se puede reducir considerablemente el tiempo de preparación. El costo de agotamiento hace referencia al costo relacionado por no satisfacer la demanda. En este caso se puede dividir el costo en dos diferentes maneras; la primera, cuando no se dispone el artículo en el momento de la venta, por lo tanto, se pierde esta venta; el segundo, cuando el cliente decide esperar que el artículo se encuentre disponible nuevamente, por lo que la venta se acumula (Heizer & Render, 2008).

Por último, el costo de pedido indica el costo asociado a un producto en donde cada unidad se compra al precio C_p (Nahmias, 2007). En concreto, no existe literatura que explique cómo se puede determinar de forma precisa el costo de faltantes cuando la demanda no satisfecha se pierde, por tal motivo se investigaron varios estudios que muestran el uso de la alternativa de un nivel de servicio tipo 1 o 2, en especial tomando

como base los estudios realizados por Zapata (2010) y Toscano (2014).

Programa Maestro de Producción.

El programa maestro de producción (MPS) permite determinar las cantidades exactas y el tiempo de producción que tendrá cada artículo terminado (Nahmias, 2007). Mediante la utilización de este programa se logra establecer la cantidad que se va a producir de producto terminado. Por lo tanto, los inputs para determinar el MPS son los pronósticos de la demanda por cada artículo, en donde el MPS pretende descomponer detalladamente cada componente de un artículo terminado (Heizer & Render, 2008). El medio por el cual se consigue esta descomposición de componentes es el sistema de planeación de requerimientos de manufactura (MRP). Los resultados obtenidos del MRP son importantes para el departamento de producción, ya que permite establecer los requerimientos específicos para la materia prima (Flores & Parra, 2007).

De manera general, el MPS sigue los siguientes pasos:

(Nahmias, 2007)

1. Pedidos en firme de los clientes.
2. Pronósticos de demanda futura por artículo.
3. Requerimientos de inventario de seguridad.
4. Planes estacionales.
5. Pedidos internos de otras partes de la organización.

La integridad y la obtención de los datos es importante para la elaboración de MPS, por tal motivo, es necesario recibir apoyo de los departamentos de producción, finanzas y ventas (Hillier & Lieberman, 2010). El flujo de la información entre estos

departamentos garantiza que el MPS tenga éxito (Nahmias, 2007).

Planeación Requerimiento de Materiales.

La planeación de requerimiento de materiales (MRP) permite planificar los componentes que conforman un artículo terminado y determinar el momento que deben ser ordenados para que se cumpla con la demanda del producto (Flores & Parra, 2007). El MRP tiene como objetivo reducir los niveles de inventario de componentes, mejorar la eficiencia operativa, incrementar la producción y las ganancias. Los sistemas MRP aparte de ser una técnica de planificación, también representan una filosofía de gestión integrada, Delgado y Marín (2000) afirma que “La utilización de sistemas MRP conlleva una forma de planificar la producción caracterizada por la anticipación: se trata de establecer qué se quiere hacer y, a partir de ahí, determinar la secuencia de acciones a emprender para poder hacerlo” (p. 55), mediante un correcto manejo de la información la producción se planificará correctamente.

El sistema MRP para su correcto funcionamiento necesita información del proceso productivo como de la demanda de los artículos. Esta información debe ser la confiable y oportuna, para que la planeación de requerimiento de materiales tenga éxito (Poma et al., 2014). Los datos de entrada para un sistema MRP según Nahmias (2007) son:

1. Plan maestro de producción (MPS): Contiene información acerca de los pedidos de los clientes o pronósticos de la demanda, cantidades de los productos terminados y determina las fechas de producción.
2. Lista de Materiales o cálculo de la explosión: Contiene una lista detallada

con las cantidades de componentes, montaje de cada componente y materiales necesario para realizar un producto terminado. Permite determinar el tamaño del lote y el tiempo de producción.

3. Registro de inventario: Contiene información sobre los tiempos de suministro (lead time), cantidad disponible, nivel de stock de seguridad, etc.

Mediante la obtención de esta información, el sistema MRP procesa estos datos brindando las siguientes salidas del sistema (Flores & Parra, 2007):

1. Plan de Producción, que se obtiene para cada uno de los componentes que deben ser fabricados. Determina las cantidades y fechas para la fabricación del componente.
2. Plan de aprovisionamiento, que indica las fechas y los tamaños de los pedidos que se deben realizar a los proveedores.
3. Reporte de Excepciones, que indica las ordenes que están retrasadas o en cola y las consecuencias que pueden tener sobre el plan de producción.

Tamaños de Lote.

Los tamaños de lote para los componentes pueden ser programado de distintas maneras para reducir los costos generales de su manejo, se pueden manejar sistema lote por lote, sistema CEP o Heurística Silver-Meal.

El método Lote por Lote hace referencia a hacer pedidos tal cual se vayan planificando en el MRP, por lo que es un sistema de 0 inventario para los componentes lo cual en muchas ocasiones no es lo óptimo ya que los costos de mantener inventario son significativamente menores a los costos de preparación de un pedido. Se tiene

alternativas para preparar tamaños de lote como el CEP que es el costo económico de pedido aplicado a los componentes para determinar el Q óptimo para cada componente.

Adicionalmente, se puede analizar los tamaños de lote mediante la Heurística de Silver-Meal, este método que toma en cuenta el costo promedio que se asume en cada periodo como función del número de periodos que el pedido generará. No obstante, este se detiene cuando la función se incrementa (Nahmias, 2007). Según Silver y Peterson (1985) la utilización de este modelo se recomienda cuando la varianza de la demanda es periódica, ya que, la heurística proporcionara mejores resultados entre más alta sea la varianza.

$$C(j) = \left(\frac{(K + hr2 + 2hr3 + \dots + (j - 1)hr1)}{j} \right) \quad (17)$$

$C(j)$ = Costos de almacenamiento

Este método se detiene cuando el costo actual es mayor al anterior y se establece que $y_1 = r_1 + r_2 + \dots + r_{j-1}$ e iniciamos el proceso nuevamente en el periodo j (Nahmias, 2007).

METODOLOGÍA

La metodología que sigue el presente caso de estudio resulto de una combinación de tres metodologías. Estas se relacionan entre sí, en temas de pronóstico, inventario y planificación de requerimientos de materiales; se tomó la decisión de realizar esta combinación para lograr brindar una investigación especializada para cada uno de estos temas. La metodología base para pronósticos es “Forecasting Process” presentada por Montgomery et al. (2008), la cual expone las siguientes etapas:

1. Definición del Problema
2. Recopilación de Datos
3. Análisis de Datos
4. Selección y Ajuste del Modelo
5. Validación del Modelo
6. Implementación del Modelo de Pronósticos
7. Desempeño del Modelo de Pronósticos

De otra forma, la metodología para inventarios es “Control y Gestión de Inventarios” presentada por Toro y Bastidas (2011), en donde las etapas son las siguientes:

1. Análisis de Demanda
2. Clasificación de Artículos
3. Gestión de Inventarios

Por último, la metodología “Planificación de Requerimiento de Materiales” presentada por Jay y Barry (Heizer & Render, 2008). Las etapas se presentan a

continuación:

1. Recopilación de Pedidos
2. Planificación Lista de Materiales
3. Análisis Registro de Inventario
4. Gestión Planes de Producción

Gracias a las metodologías expuestas, se logró generar la metodología adecuada para el presente caso de estudio. Las etapas se presentan a continuación:

1. Definición del Problema
2. Recolección, Limpieza y Análisis de datos
3. Definir Familias de Ítems Agrupados
4. Clasificación de Familias: Análisis ABC
5. Modelos de Pronósticos
6. Gestión de Inventarios
 - a. Análisis de Costos
 - b. Aplicar Modelos de Inventario
 - c. Establecer Nivel de Servicio Optimo
7. Plan Requerimiento de Materiales
 - a. Planificar lista de materiales
 - b. Gestionar planes de producción
 - c. Definir tamaño de lotes óptimo para componentes

A continuación, se describe detalladamente cada etapa de la metodología seleccionada para este caso de estudio.

Etapa 1: Definición del problema

Dentro de la empresa textil, por el contexto del tipo de negocio y como consecuencia de la pandemia, los procesos de control de producción han sido afectados. Como principales problemas se tiene un lead time elevado e irregular. El Lead time se define como el tiempo entre que el cliente coloca la orden y cuando ya lo recibe (Heizer & Render, 2008). En este tipo de industria debido a la personalización de ítems, este tiempo rodea entre 1 semana – 2 semanas, pero debido a que no muchas veces se tienen la base de tela o tela cruda, o aún peor, los componentes para construir la tela base, este tiempo aumenta de 1 mes – 1,5 meses (Guanin,2022). No obstante, con una correcta planificación y la implementación de modelos de inventario para la tela base o cruda se debería mantener el lead time entre 1 semana – 2 semanas lo que correspondería a al tiempo de fabricación para tinturizado y estampado.

Un problema adicional es que se desconoce con precisión cuales son los ítems más importantes y cuál es su aporte respecto a las ganancias, debido a esto no hay conocimiento sobre qué productos o tipos de productos deberían ser priorizados en la planificación y en la producción, para maximizar ganancias y, de este modo, conocer en que ítems o tipos de productos vale la pena invertir en un modelo de inventario.

Por otra parte, el inventario que existe no está sujeto ninguna política y no esta alineado con los pronósticos o alguna metodología de producción, por lo que es un costo adicional para la organización y no representaría ningún beneficio claro y directo. Además, con relación a este punto, está ligado al manejo deficiente de componentes para construir los ítems, ya que la programación no es consistente ni planificada con tiempo.

Con este proyecto se presenta como posible mejoramiento de las condiciones y problemas planteados en la Empresa Textil.

Etapa 2: Recolección y limpieza de datos

Para la gestión de un proyecto de este tipo y alcance, es necesario el contar con el apoyo de la organización, con acuerdos para compartir información, en este caso de 5 tipos: Datos del Proceso Productivo, Datos del manejo y planificación actual del proceso, Datos de Ventas, Datos de Contabilidad e Información del departamento de Sistemas. A continuación, se describirá el apoyo de los departamentos de la organización y que tipo de información fue recopilada para el proyecto:

La empresa A y B brindaron las facilidades en su alcance, para la obtención de los distintos datos para el desarrollo del proyecto, como son datos del proceso productivo que se obtuvieron mediante visitas industriales, entrevistas a los operarios y explicaciones de expertos, con la intención del entendimiento del proceso productivo que ayudará a clarificar problemas de la empresa, limitaciones, y guía de como ajustar las posibles soluciones. Por otro lado, datos de planificación actual para el entendimiento del procesamiento de máquinas, tiempo de producción y uso de componentes para la producción de los ítems. Esta es la base para construir la planificación de materiales.

Finalmente, el apoyo de los departamentos de contabilidad, ventas y sistemas fue importante para obtener información de las ventas de los periodos de enero 2021 a octubre 2022, datos de costos, datos de tiempos de preparación y datos de tiempo dependientes de la cantidad a producir; datos necesarios para construir los modelos de pronóstico e inventario.

Etapa 3: Clasificación de artículos

En muchas ocasiones existen empresas con una inmensa cantidad de SKU'S (Stock Keeping Unit) (Heizer & Render, 2008). Por lo que la realización de los modelos de pronóstico e inventario de manera individual resulta una tarea muy difícil y en muchos casos imposible. De manera que es recomendable que se construyan agrupaciones, estas agrupaciones se pueden hacer en base a procesos de producción similares, tipos de productos similares, líneas de negocio, materiales similares o patrones de demanda similares u otro método que se considere apropiado. No existe una agrupación mejor que otra, la mejor será la que se ajuste mejor a las necesidades del proyecto.

Etapa 4: Clasificación de Familias: Análisis ABC

Una familia básicamente es la agrupación de items o SKU's, por lo que, una vez se han construido las familias de acuerdo a las necesidades del proyecto, es importante analizarlas y priorizar las más importantes. Esta etapa clasificará a la familia dentro de tres tipos: Categoría A, las más importantes y aportan la mayor parte de la utilidad alrededor del 80%; Categoría B, son secundarios y aportan un 15% de la utilidad a la organización; por último, Categoría C, su impacto es mínimo y aportan tan solo el 5% de la utilidad para la empresa.

Al categorizar de esta manera primero se entenderá que artículos deberían recibir mayor atención por parte de la gerencia ya que están generando un mayor impacto en las ganancias para la organización. Así también, este tipo de productos más importantes deberían ser los que merezcan el esfuerzo y la inversión en modelos de pronóstico y políticas de inventario optimas. Generalmente, los artículos que obtienen esta atención

priorizada son los tipos A y en menor medida los Tipo B.

Etapa 5: Pronósticos

Los pronósticos serán definidos para la familia de ítems que sean más importantes de acuerdo a la categorización o análisis ABC. Se deberá recolectar datos de ventas para estas familias, entre menor la unidad de tiempo mejor. Estos datos serán útiles para estimar la demanda a siguientes periodos.

Para comprender el comportamiento de la demanda es recomendable empezar con una gráfica de serie de tiempo antes de entrar a los modelos cuantitativos de pronóstico. La serie de tiempo ayudará a identificar puntos atípicos o periodos atípicos, cuando se los identifica es recomendable acudir a los asesores comerciales y analizar si se los mantiene, se los reajusta o se los elimina. La decisión adecuada dependerá a el contexto de la situación que genero el desbalance en las ventas y el juicio del analizador.

Adicionalmente, una vez ajustada la serie de tiempo se debe analizar si la demanda se muestra estacionaria, si la demanda muestra estacionalidad y si la demanda muestra una tendencia positiva, negativa o ninguna. Esta información es relevante, para comprender que modelos de pronósticos sería correcto su utilización.

Para finalizar, se deberá ajustar el o los modelos a los datos, la métrica para evaluar el ajuste de los modelos es el MAPE una métrica de precisión de pronósticos. En caso el tipo de demanda muestre varios tipos de modelo de pronóstico o parámetros a variar dentro de un modelo de pronóstico el modelo de pronóstico o parámetros óptimos, sería el que arroje un MAPE menor.

Seleccionado el mejor modelo y los mejores parámetros en el caso de tenerlos, se podrá y deberá pronosticar para los siguientes periodos.

Etapa 6: Modelos de Inventario.

A priori se deberá identificar el modelo de inventario adecuado, existen dos características que guiarán a qué tipo de modelo de inventario a seguir. Estas son conocimiento de la demanda y tipo de revisión de inventario. El conocimiento de la demanda es en caso de que se conozca sin incertidumbre el valor de la demanda para posteriores periodos. Por otro lado, el tipo de revisión se divide en dos grandes tipos continuos, esto quiere decir que todo el tiempo se conoce el estado y nivel del inventario se registran ingresos y salidas. O revisión periódica donde el estado y nivel del inventario se conoce solamente en momento discretos del tiempo. Con estas características claras para el caso de estudio se podrá establecer de manera adecuada un modelo adecuado de pronósticos.

Los modelos de inventario necesitan de datos de costos, como costo de mantener inventario, costos de preparación y costos de faltantes, el calcular y estimar y levantar estos valores de manera adecuada es una labor complicada. Adicionalmente, se requieren datos de estimaciones de la demanda que se puede adquirir con los modelos de pronóstico.

Finalmente, se espera que el modelo de inventario arroje una política óptima de cuando reordenar y cuánto, que sería un balance entre cumplir la demanda y los costos asociados de inventario.

Etapa 7: Plan agregado de producción.

Se parte del MPS que son los requerimientos de producto final, a partir de los pronósticos o estimaciones de venta, siendo esta la base para construir el MRP, este sería

la conexión entre las políticas de inventario y los componentes tomando en cuenta los respectivos tiempos para adquirir o fabricar los componentes. Aquí se debe detallar por semanas qué se debe producir o solicitar con anterioridad, para construir el ítem final o unidad de inventario en el tiempo que se lo requiere.

Aparte de esto, hay dos consideraciones para tomar en cuenta para definir los tamaños de lote para componentes, primero la agrupación de requerimiento de componentes de distintos ítems y la optimización de los tamaños de lote de componentes.

RESULTADOS

El proceso textil para la empresa de estudio empieza con la adquisición del hilo y la entrega de una tela terminada tinturada o estampada. En los procesos de tinturado y estampado entra la personalización del cliente, en consecuencia, se vuelve poco práctico realizar pronósticos o modelos de inventario para tela terminada. En su lugar se puede ir a un producto semielaborado común y no personalizado por el cliente, esta es la tela base o tela cruda el cual es un paso antes a la tinturación o estampación, por lo tanto, esta será la medida de agrupación el tipo de tela para la base de los ítems.

La empresa textil registra 1690 SKU's de tela terminada en los registros de 2021 y 2022, el gran número de SKU's es por la personalización del cliente ya que un nuevo diseño en estampado u otro color en tinturado generaría un nuevo SKU. La agrupación mejor pensada para este caso es por el tipo de tela por lo expuesto anteriormente, adicionalmente esta agrupación es ideal para generar posteriormente los modelos de pronóstico e inventario de tela cruda o tela base.

Tabla 3. Número de SKUs por familia o agrupaciones de tipo de tela más importantes ordenadas por importancia.

Importancia	TELA	Número de SKUs
1	HINDU	52
2	LIMPION	203
3	SATURNO	299
4	LONA	18
5	BENGALINA	406
6	BOLSILLO	13
7	MARGARITA	10
8	TELA PAÑAL	60
9	DULCE ABRIGO	56
10	FRANELA	50

Por medio de esta agrupación se obtuvieron 51 familias o tipos de telas.

Resultados Análisis ABC

Por medio de la utilidad generada por las distintas familias se construyó un análisis ABC para observar que Tipos de Telas son los más beneficioso para la organización. Este análisis se puede apreciar gráficamente en el Anexo 2.

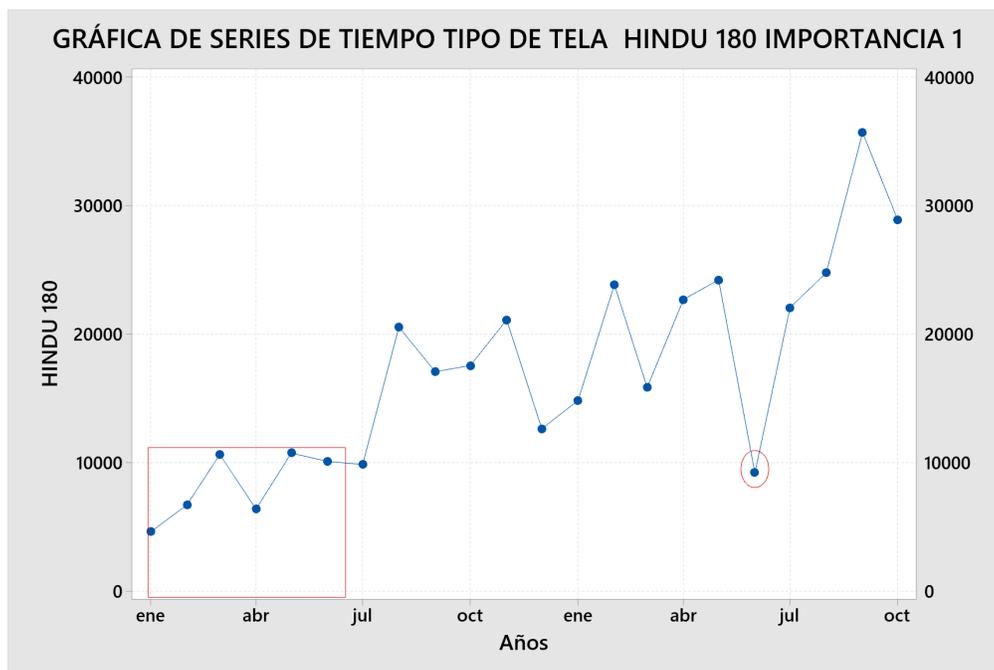
Se obtuvo que 7 familias generan alrededor del 80% de la utilidad y 10 familias generan el 95% de toda la utilidad. Se puede destacar que la familia 1 genera alrededor del 40% de la utilidad por lo que su correcta planificación es sumamente importante.

Resultados Pronósticos

La cantidad o unidad a pronosticar es el metro lineal que es independiente del ancho de la tela, un rollo de tela comercial tiene aproximadamente 50 – 100 metros lineales. Así mismo, a la familia 1 se le separo en 2 subfamilias ya que a pesar de ser el

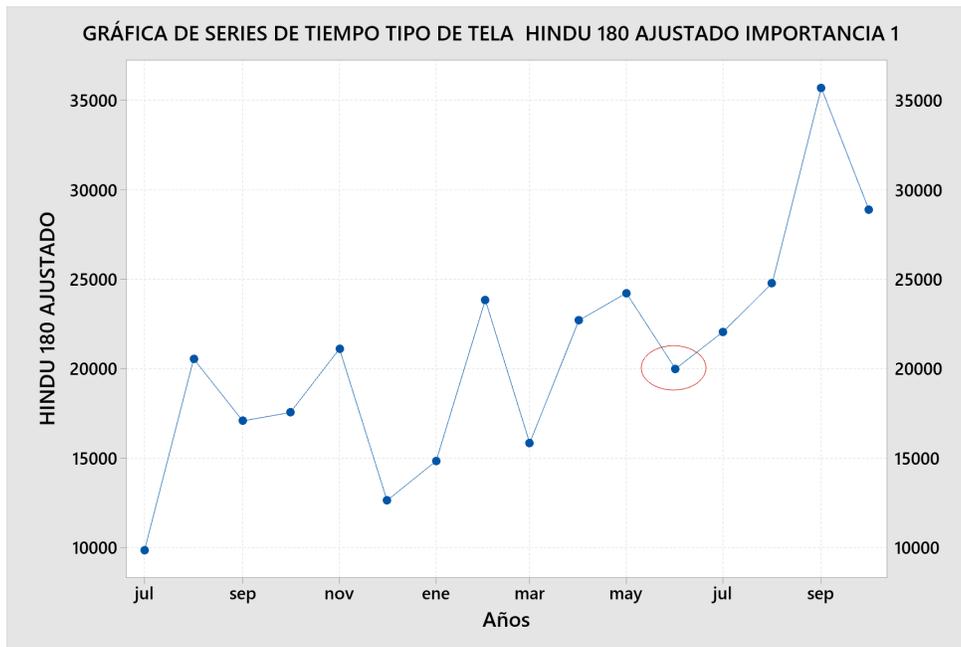
mismo tipo de tela se manejan dos anchos en la empresa, por lo que los proceso y máquinas varían.

Figura 1. Serie de Tiempo para la familia 1 subgrupo 180.



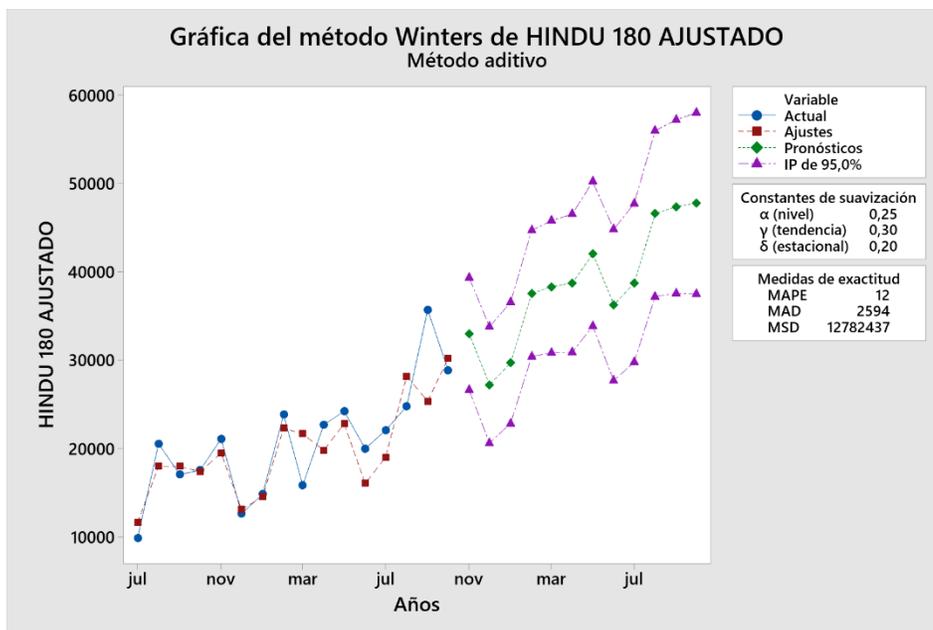
La serie de tiempo para esta agrupación muestra en los primeros puntos una caída extraña unas ventas muy por menor al promedio y en junio 2022 se identificó una caída de ventas considerable. Estas anomalías fueron consultadas con el grupo de ventas, la caída se debió a que las máquinas asociadas a confección de la tela sufrieron algunos daños, por ello la producción bajo. Por otra parte, el otro valor atípico se debió a unas manifestaciones que impidieron movilizaciones por todo el país. Como decisión, los primeros puntos se eliminaron de la serie de tiempo y el valor atípico se reajusto a lo esperado para ese mes.

Figura 2. Serie de Tiempo Hindu 180 Ajustada



Se identifico que la serie de tiempo tiene una ligera tendencia positiva con marcada estacionalidad bajo esta perspectiva el modelo de Winters se ajustaría bien.

Figura 3. Ajuste de Pronóstico para Hindu 180 Ajustada



Para ajustar los parámetros del modelo Winters, se debe realizar a partir de un análisis profundo de la serie de tiempo, se utilizó un valor para N o estacionalidad de 6 ya que la serie de tiempo ajustada parece marcar un ciclo o estación cada 6 periodos. Por otro lado, para los parámetros de suavizamiento se necesita comprender a que se le quisiera dar más peso a datos recientes o datos históricos, esta decisión para la tendencia, nivel y estacionalidad. En este caso se probaron datos entre 0,1 y 0,3 en múltiplos de 0,05 para cada parámetro y en cada pronóstico. Siendo los mejores parámetros los que reducen el EPAM. Una vez se ajusta el modelo se puede pronosticar para los periodos deseados.

Este proceso se lo realizó para los 10 tipos de tela más importantes.

Tabla 4. Medidas de Error Finales para las agrupaciones más importantes

Importancia	TELA	MAPE	MAD	MSD
1	HINDU 180	12	2594	12782437
1	HINDU 145	15	253	283058
2	LIMPION	12	659	893901
3	SATURNO	15	395	346811
4	LONA	13,2	80,38	9287,82
5	BENGALINA	14	328	291125
6	BOLSILLO	17	640	763410
7	MARGARITA	15,5	207,9	92130,1
8	TELA PAÑAL	8	260	163941
9	DULCE ABRIGO	11	352	317035
10	FRANELA	14	445	330585

Resultados Inventario

La empresa donde se realizó el estudio cuenta con un sistema de bodegas donde en todo momento conocen el nivel del inventario, ya que constantemente se registran los ingresos y salida de ítems. A partir de las series de tiempo y pronóstico se puede concluir que la demanda futura no es conocida con precisión no se tiene valores de

EPAM de 0 o cercanos a este número, existe incertidumbre en la demanda. Bajo estas condiciones el modelo de inventario que mejor se ajustó, es el sistema de tamaño de lote - punto de reorden, al no conocerse el valor de los faltantes se utilizará una variante de este modelo llamado servicio tipo 2.

Una consideración importante para utilizar este modelo es la normalidad de la demanda, por lo que se realizaron las respectivas pruebas de Normalidad Anderson - Darling a los distintos conjuntos de datos.

Ho: Los datos siguen una distribución normal

Ha: Los datos no siguen una distribución normal

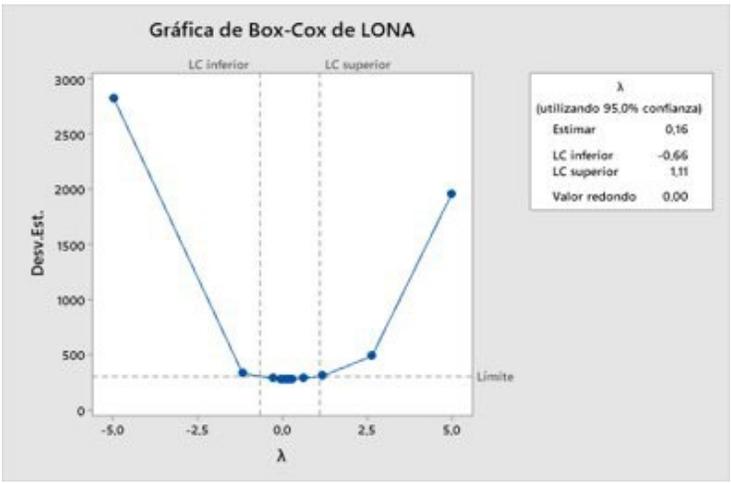
El nivel de significancia utilizado es de un 5% por lo tanto si el valor p de la prueba es menor a 0,05 los datos no serían normales.

Tabla 5. Telas más importantes con los valores p obtenidos después de las pruebas de normalidad

Importancia	TELA	Valor P
1	HINDU 180	0,486
1	HINDU 145	0,323
2	LIMPION	0,227
3	SATURNO	0,472
4	LONA	0,032
5	BENGALINA	0,129
6	BOLSILLO	0,022
7	MARGARITA	0,062
8	TELA PAÑAL	0,238
9	DULCE ABRIGADO	0,314
10	FRANELA	0,013

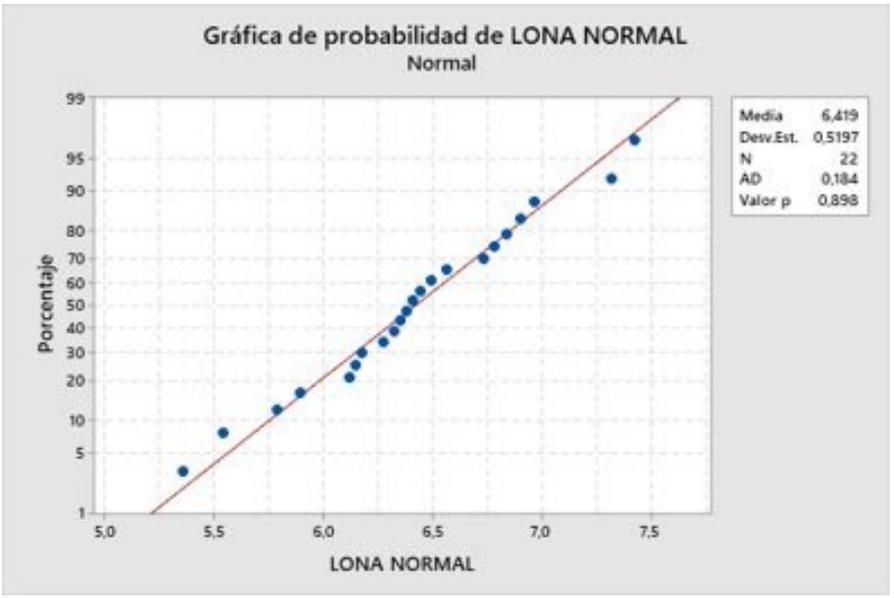
En este caso los valores p para 3 grupos de tela no son normales, por lo que deberán ser transformados mediante el método Box – Cox y volver a comprobar su normalidad.

Figura 4. Transformación Box Cox para la Tela tipo Lona



En este caso se muestra la transformación para el caso de la agrupación Lona, el lambda arrojada es cercano a 0 por lo que la transformación más conveniente es de log (x). Ya con esta transformación se vuelve a comprobar la normalidad de los datos

Figura 5. Prueba de Normalidad para los datos transformado



Por lo que se calculó la media y desviación estándar con datos transformados, luego estos parámetros calculados se los remodelo con la operación inversa a logaritmo natural para que vuelvan a las unidades del contexto inicial del problema.

Otra parte importante, fue estimar los costos de mantener inventario, costo de la unidad y de preparación. La tasa anual de mantener inventario es el mismo para todos los tipos de tela por otro lado el costo de preparación varía por tipo de tela.

Costo de Preparación.

Se usará de guía la tela Hindu 180. Estos costos de preparación son todos los costos relacionados a hacer una orden de producción, como el tiempo del empleado al preparar la orden de producción.

Empezar un nuevo tipo de tela es largo ya que las maquinas se les debe instalar las formulaciones del tipo de tela a partir de hilos.

Para la tela cruda o base hay tres procesos para construirla la cual representa 3 tiempo de preparación. Urdición representa 1 persona y 3,50 horas. Engomadora necesita 2 personas y 3 horas. Tejeduría representa 48 horas y 2 personas.

Por otro parte, el salario mensual promedio para los trabajadores encargados es de \$ 743 por tanto, se les paga a los empleados \$ 4,64 por cada hora. Si este valor lo multiplicamos por el número de personas y el tiempo requerido, dará como resultado el costo de preparación por proceso; finalmente se deberá sumar los 3 procesos para obtener el costo de preparación final.

CP = Costo de Preparación

CP = CP Proceso 1 + CP Proceso 2 + CP Proceso 3

CP = \$ 4, 64 * (1 persona * 5 horas + 2 personas * 3 horas + 2 personas * 48 horas)

CP = \$ 496,88

Costo de Mantener Inventario.

Costo de mantener el espacio fijo es el costo de alquiler de la bodega, se conoce el costo del terreno global; los metros cuadrados totales de la empresa y se conoce el espacio máximo de bodega, con ello se puede calcular un porcentaje de costo por espacio de metro lineal en la bodega que es 1,29%.

Costo de Metro Cuadrado = Metros Cuadrado de la Planta / Costo Alquiler Terreno

Costo Área Bodega = Area Bodega * Costo de Metro Cuadrado

Porcentaje costo por metro lineal = Costo Area Bodega / Capacidad Máxima de Bodega

Adicionalmente, la empresa no cuenta con ningún tipo de seguro para mantener su inventario, tampoco con ningún impuesto conocido. Por esto, el valor para este apartado es de 0 %.

En el caso que el dinero invertido en el inventario se usará para una inversión alternativa, la empresa se estaría perdiendo de un 6,9 % de interés al año, que es el porcentaje que dan alrededor los bancos por dejar una suma de dinero a un plazo fijo de un año (Banco Guayaquil, 2022).

Finalmente, en los años posteriores del total del inventario de tela base se ha perdido 0,54% en el año 2021 y 0,56% en el año 2022, por mal mantenimiento de la tela, humedad y plagas. Por lo que, para el nuevo año se esperaría un 0,55% de pérdida de inventario por deterioro para el siguiente periodo.

Por consiguiente, (I) la tasa anual de mantener inventario final es de 8,74%. Este resultado se debe multiplica por (c) el costo variable de producir un metro lineal de tela cruda en este caso \$ 3,50 para la tela Hindu 180. Con estos valores se puede calcular $h = I * c$ donde h sería igual a \$ 0,31 lo cual representaría el costo anual de mantener inventario para un metro lineal de tela cruda hindú 180.

Costo de faltantes para este modelo no será necesario, ya que se lo definiría indirectamente escogiendo valores para el nivel de servicio más adecuado para la organización. Por medio del sistema de Tamaño de Lote-Punto de Reorden Servicio Tipo 2. Una vez definidos todos los valores de costos anteriormente descrito se los coloca en el modelo. Para la primera iteración del modelo se asumirá un Beta de 100%.

Tabla 6. Resumen de datos de costos y parámetros para modelo de inventario Tela Hindu 180

Datos Costo Inventario		
Nombre	Nomenclatura	Valor
Nivel de Servicio Tipo 2	Beta	100,0%
Costo de Preparación	K	\$ 496,88
Valor Monetario de una Unidad de Inventario	c	\$ 3,50
Tasa Anual de Interés de mantener Inventario	I	8,74%
Costo de Mantener Inventario	h	\$ 0,31

El modelo necesita el cálculo de la media y desviación estándar, esta se calculará a partir del pronóstico ya que esto son los mejores estimadores de la demanda para los siguientes periodos. Además, se calcula la demanda total para todo el año.

Tabla 7. Parametros de la demanda para la Tela Hindu 180

Media	38 601 metros lineales	cada	1	mes
Desviación	6 631 metros lineales	cada	1	mes
Demanda anual	463 212 metros lineales	cada	12	meses

El cálculo para el tiempo de demora es complejo ya que este tiene dos componentes un componente fijo y otro variable que depende enteramente del Q óptimo. Por cada proceso se tiene un componente fijo tiempo de preparación y un tiempo variable que depende del Q a ordenar ya que no sea el mismo tiempo si se hace 10 metros lineales de tela ha si se hace 10 000 metros lineales. Se puede ver el total en horas por cada proceso considerado un Q óptimo de 38 792 metros lineales.

Los tiempos dependientes al Q a ordenar para este tipo de tela son los siguientes: Proceso 1 es de 100 metros por minuto, Proceso 2 es de 20 metros por minuto y el Proceso 3 es de 3 metros por minuto, estos valores varían por tipo de tela. Para finalizar, con el total en horas, se transforma en meses para que tenga sentido con las demás unidades del modelo.

Tabla 8. Tiempo fijos y dependientes para la Tela Hindu 180

	Proceso 1	Proceso 2	Proceso 3
Tiempo Preparación Horas	5,40	3,00	48,00
Tiempo Variable Horas	0,0002	0,0008	0,0056
Total en Horas	11,87	35,33	263,51

Q Óptimo
38792 metros lineales

Tiempo de Demora [Tao]	0,43	meses	310,70	Horas
------------------------	------	-------	--------	-------

Nota: el tiempo de preparación no es un variable que afecta la optimización, solo fija con que anterioridad cuando debe pedir o establecer el punto de Reorden. Por tal razón, el modelo se debe correr dos veces, la primera para establecer el Q óptimo, ahora con ese Q óptimo se calcula el tiempo de demora y con este tiempo de demora se vuelve a correr el modelo. El Q óptimo se mantendrá, pero el punto de Reorden se reajustará al adecuado.

Para tener todos los componentes necesarios, se debe reajustar la media y la desviación a unidades de tiempo de demora para que el modelo este en las unidades correctas. Ya que de esta manera las unidades pueden explicar un ciclo y el ciclo básicamente tiene el tamaño del tiempo de demora.

Ahora solo queda aplicar el modelo de optimización, este generalmente en la segunda o tercera iteración converge, en este caso se realizan hasta 6 iteraciones para estar seguro de tener la respuesta óptima. El proceso termina cuando 2 iteraciones continuas tienen los valores de Q Y R similares y que varíen en menos de una unidad.

A continuación, el procedimiento:

- Iteración 0:

1. Calcular la solución inicial

$$Q = \sqrt{\frac{2\lambda K}{h}} = \sqrt{\frac{(2)(498,74)(463212)}{0,31}}$$

$$Q = 38\,864,8$$

2. Calcular R_0

$$L(z) = \frac{Q_0(1 - \beta)}{\sigma} = \frac{38\,864,8(1 - 100\%)}{4359}$$

$$L(z) = 0$$

$$z = 4,00$$

$$R_0 = \sigma z + \mu = (4359)(4) + 16683$$

$$R_0 = 34\,120,83$$

$$n(R_0) = \alpha * L(z) = (4359)(0)$$

$$n(R_0) = 0$$

$$1 - F(R_0) = 0,00$$

- Iteración 2:

1. Calcular Q1:

$$Q = \frac{n(R)}{1 - F(R)} + \sqrt{\frac{2K\lambda}{h} + \left(\frac{n(R)}{1 - F(R)}\right)^2}$$

$$Q = 38\,864$$

2. Calcular R1

$$L(z) = \frac{Q_0(1 - \beta)}{\sigma} = \frac{38\,864(1 - 100\%)}{4359}$$

$$L(z) = 0$$

$$z = 4,00$$

$$R1 = \sigma z + \mu = (4359)(4) + 16683$$

$$R1 = 34\,120,83$$

$$n(R_0) = \alpha * L(z) = (4359)(0)$$

$$n(R_0) = 0$$

$$1 - F(R_0) = 0,00$$

Este proceso se realizó hasta la iteración 6 que es cuando 2 iteraciones continuas tienen los valores de Q Y R similares y que varíen en menos de una unidad.

Se obtuvieron los siguientes resultados:

- Iteración 6:
3. Calcular Q6:

$$Q = \frac{n(R)}{1 - F(R)} + \sqrt{\frac{2K\lambda}{h} + \left(\frac{n(R)}{1 - F(R)}\right)^2}$$

$$Q = 38\,865$$

4. Calcular R6

$$L(z) = \frac{Q_0(1 - \beta)}{\sigma} = \frac{38\,864(1 - 100\%)}{4359}$$

$$L(z) = 0$$

$$z = 4,00$$

$$R6 = \sigma z + \mu = (4359)(4) + 16683$$

$$R6 = 34\,120$$

$$n(R_0) = \alpha * L(z) = (4359)(0)$$

$$n(R_0) = 0$$

$$1 - F(R_0) = 0,00$$

De esta forma se obtiene que los valores óptimos para la tela HINDU 180 son un nivel de servicio de 100 % es un pedido de 38 865 metros lineales de tela, y un punto de reorden de 34 121 metros lineales. Con este nivel de servicio se esperaría cumplir con

el 100% de la demanda. El inventario necesario de seguridad para este nivel de servicio 17 424 metros lineales costo anual promedio para este modelo es de \$ 17 896, 29, sin embargo, este valor varía al valor de inversión al año ya que lo correcto sería quitarle el porcentaje de 6,9% de interés en el caso de una inversión alternativa con este reajuste en verdad este plan le costaría a la empresa en el año \$6 632,93 lo cual se ajusta perfectamente a sus capacidades. Analizando los costos para las políticas de inventario junto a la gerencia el tomar una decisión parece un plan viable mantener un nivel de servicio de 100% para todas las telas importantes. Adicionalmente la inversión requerida no varía tanto para los niveles de servicio 90% -100% el promedio de costo es de \$ 5 666,32 y una desviación estándar \$ 314,90. Esto demuestra que un nivel de servicio de 100% no es una gran inversión respecto a otros niveles de servicios aceptables. Serían \$1 000 adicionales respecto al promedio, pero se gana con cumplir con los requerimientos de los clientes a tiempo.

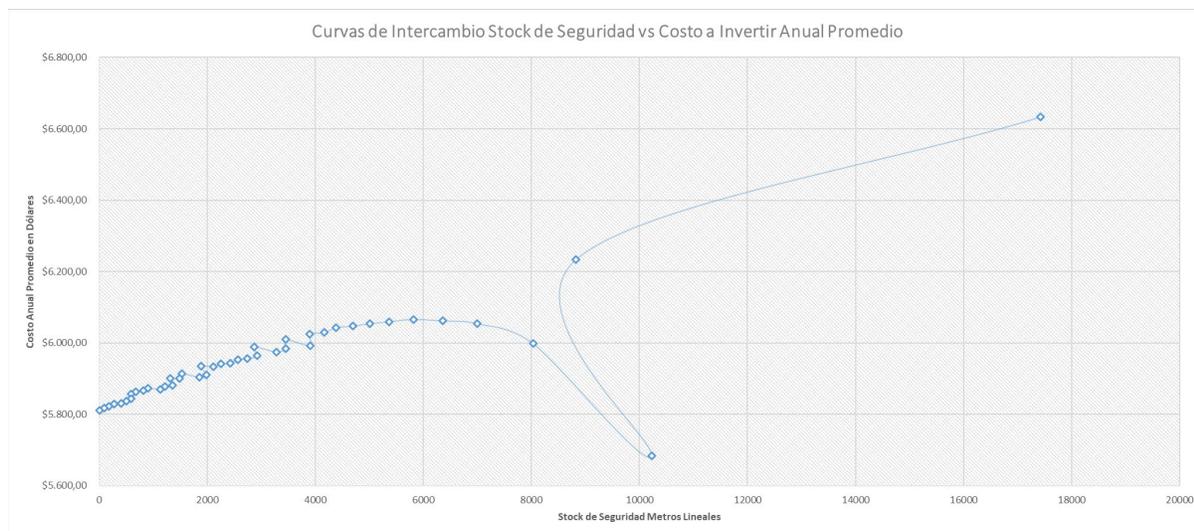
Para poder comparar y seleccionar entre distintos niveles de servicio se construyó una tabla de comparación. El archivo esta alimentado con programación para actualizarse automáticamente de acuerdo a los niveles de servicios especificados. Se muestra campos relevantes para tomar dicha decisión. En un lado la primera sección $N(R)$ que quiere decir el número de faltantes esperados por ciclo y el $F(R)$ que representa cuanto del porcentaje de las ordenes se cumplirán completamente. Para el caso de 99,9% se esperaría que por cada ciclo falten 40 metros lineales de tela, adicionalmente que de 100 ordenes 2 no se cumplan en su totalidad.

Tabla 9. Métricas para los niveles de servicio de 100% y 99,9%

Niveles de Servicio	Q óptimo	R óptimo	n(R)	1 - F(R)	F(R)	Inventario de Seguridad
100,0%	38792	34082	0	0%	100%	17424
99,9%	40543	26086	40	2%	98%	8825

Niveles de Servicio	Costo de Mantener de Inventario	Costo de Mantener de Inventario Real	Costo de Preparación	Costo Anual Promedio	Costo Anual a Invertir
100,0%	\$ 11.263,37	\$ 677,50	\$ 5.955,43	\$ 17.896,29	\$ 6.632,93
99,9%	\$ 8.900,46	\$ 535,37	\$ 5.698,22	\$ 15.134,04	\$ 6.233,58

Además, adicionalmente se construyeron curvas de intercambio para comparar el inventario de seguridad vs el costo o inversión como un adicional para mejorar la toma de decisión.

Figura 6. Curva de Intercambio Stock de Seguridad vs Inversión Costo Anual Promedio

En esta gráfica se puede apreciar que los costos de inventario varían entre \$ 800 y \$ 6 600 existen datos atípicos que no siguen una tendencia fija como la caída en el costo para un stock de 10000 aproximadamente estos casos no reflejan un menor costo solo un error en la optimización por la limitación de cómo fue programado. Recordemos

que los puntos varían en 0,1 % respecto al nivel de servicio. Por lo que una alternativa interesante para optimizar costos en caso de necesitarlo es bajar el nivel de servicio en 0,1% ya que se reduciría el costo significativamente en este caso aproximadamente \$ 400 pero se debe estar consiente que podrá existir un porcentaje de demanda que no se cumplirá en este caso 40 metros lineales por ciclo o por cada vez que se ordena el Q óptimo.

Este método puede comparar muchos niveles de servicio, en este estudio por tipo de tela se compararon 321 niveles de servicio variando entre cada uno por 0,1%. Finalmente se concluyó que a los costos no ser tan elevados respecto a todos los niveles de servicio probados un nivel de servicio de 100% para todos los tipos de inventario sería lo apropiado, sin embargo, la empresa estaría analizando los temas de costos globales de la organización. Pero esta decisión afectaría principalmente a las familias tipo B.

Tabla 10. Políticas de Inventario Finales para los tipos de tela más importantes

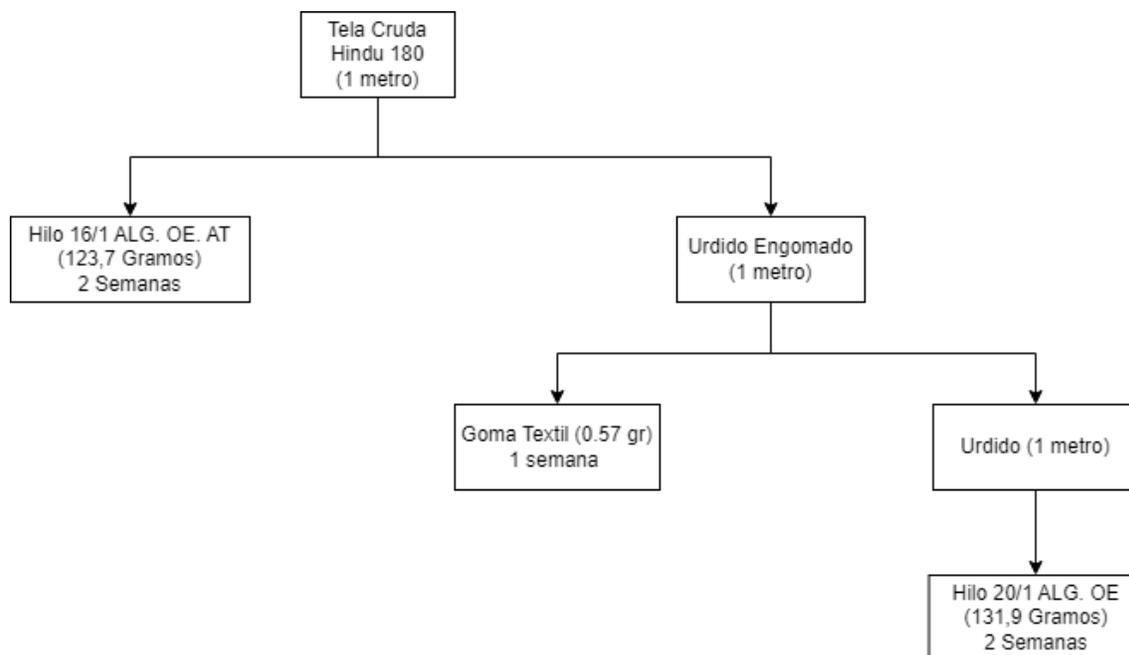
Importancia	TELA	Q óptimo	R óptimo	Inventario de Seguridad	Costo Anual Promedio	Costo Anual a Invertir
1	HINDU 180	3735	1727	17424	17896	6633
1	HINDU 145	10713	2824	2485	2336	1034
2	LIMPION	14161	8335	6561	6680	2448
3	SATURNO	14762	4081	3377	5192	2230
4	LONA	4845	703	582	2451	1124
5	BENGALINA	9974	1553	1224	3735	1727
6	BOLSILLO	16559	2475	1624	4568	2179
7	MARGARITA	7977	1645	1418	2645	1180
8	TELA PAÑAL	17003	4154	3231	4725	2111
9	DULCE ABRIGO	20191	4957	4147	3027	1409
10	FRANELA	15673	2040	1520	2501	1234
	TOTAL	135593	34493	43594	55758	23309

El costo a invertir para implementar estas políticas de inventario es de \$23 309 un valor razonable para la organización.

Resultados MRP

A partir de los pronósticos y políticas de inventario se construyó el MRP. Para la tela Hindu 180 se tiene el siguiente diagrama estructural para el producto.

Figura 7. Diagrama Estructural para la Tela Hindu 180



Se puede apreciar los requerimientos de hilo de urdimbre y confección para producir un metro de tela lineal, el hilo se maneja en peso y la unidad de venta es en kilogramos.

Se debe partir de un MPS que simplemente es los requerimientos de producto o tela cruda final, este se construye a partir de los pronósticos, en este caso se tienen pronósticos mensuales y para poderlo manejar en un MRP que se maneja en semanas se descompuso los pronósticos mensuales en semanas equitativas.

Tabla 11. Programa Maestro de Producción para la tela Hindu 180 semana 1-8

MPS	Programa Maestro de Producción							
Semanas Demandada	1	2	3	4	5	6	7	8
	8246	8246	8246	8246	6803	6803	6803	6803

El pronóstico para el mes 1 y 2 eran 32 984 y 27 712 metros lineales por lo que cada uno se descompuso en pronósticos de 4 semanas con el mismo valor, que sumen el valor del pronóstico mensual.

A partir del diagrama estructural y las políticas de inventario se procedió a planificar con anticipación que componentes se requerirían para cumplir con el MPS.

Tabla 12. Requerimientos para la producción de tejeduría para formar la tela cruda.

Q óptimo	38792
R óptimo	34082

Semana	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimientos Brutos				8246	8246	8246	8246	6803	6803	6803	6803
Inventario Disponible			215								
Requerimientos Netos				8031	8246	8246	8246	6803	6803	6803	6803
Requerimientos Netos Traslados en el Tiempo	8031	8246	8246	8246	6803	6803	6803	6803	7423	7423	7423
Requisición Planeada	38792	38792			38792						38792
Inventario Final	30761	61307	53061	44815	76804	70001	63198	56395	48972	41549	72918

Primero se tienen los requerimientos brutos que son exactamente iguales que los del MPS luego los requerimientos netos que son la diferencia entre los requerimientos brutos y el inventario disponible. En caso de querer mayor producción se puede colocar

un valor de inventario negativo. Con el Q óptimo y los tiempos de preparación si se quiere tener la tela hindú 180 para la semana 1 se debió mandar al proceso de tejeduría dos semanas antes. Nótese que el tiempo para los procesos productivos como tejeduría, urdición y engomado depende del Q óptimo obtenido en los modelos de inventario. Adicionalmente las Requisición Planeada es en valores múltiplos del Q óptimo y este se ubica estratégicamente en la semana donde se consumiría el R óptimo.

Tabla 13. Requerimientos de Hilo para Tejeduría

Consumo 123,7 gramos/metro lineal

16/1 ALG.OE.AT								
Semana	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2
Requerimientos Brutos				47985	47985			47985
Inventario Disponible			0					
Requerimientos Netos				47985	47985			47985
Requerimientos Netos Traslados en el Tiempo	47985	47985			47985			
Requisición Planeada	70	70	0	0	70	0	0	0
Inventario Final								

El hilo se requerirá a partir de la semana -2 para cumplir con el proceso de tejeduría, notese que requerimiento bruto en este caso es igual al consumo de hilo* los metros de telas de la requisición planeada del proceso anterior. Igualmente, los procesos de adquisición de hilo no cuentan con una requisición en este apartado, esto se resolverá posteriormente.

Tabla 14. Requerimientos para el proceso de Engomado

PROCESO URDIDO ENGOMADO								
SEMANA	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2
REQUERIMIENTOS BRUTOS				38792	38792	0	0	38792
INVENTARIO DISPONIBLE				0				
REQUERIMIENTOS NETOS				38792	38792	0	0	38792
REQUERIMIENTOS NETOS TRASLADADOS EN EL TIEMPO			38792	38792	0	0	38792	0
REQUISICIÓN PLANEADA			38792	38792	0	0	38792	0
INVENTARIO FINAL			0	0	0	0	0	0

A la par del proceso anterior este debe ya tener un urdido engomado para la semana -2 con los metros lineales requerido para la tela cruda, este proceso demora menos de una semana. Por lo que se deberá producir una semana antes para cumplir con los requerimientos. La requisición planeada en este caso coincide con los requerimientos netos trasladados en el tiempo.

Para producir el urdido engomado se requiere de goma de urdición y de un urdido por lo que se debe realizar estas tablas de requerimientos de materiales. La goma tiene un consumo de 0,57 gramos por tela lineal por lo que los requerimientos son ajustados con ese consumo.

Tabla 15. Requerimientos para la Goma Textil

GOMA TEXTIL								
SEMANA	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2
REQUERIMIENTOS BRUTOS			22111,44	22111,44	0	0	22111,44	0
INVENTARIO DISPONIBLE			0					
REQUERIMIENTOS NETOS			22111,44	22111,44	0	0	22111,44	0
REQUERIMIENTOS NETOS TRASLADADOS EN EL TIEMPO	22111,44	22111,44	0	0	22111,4	0	0	0
REQUISICIÓN PLANEADA								
INVENTARIO FINAL								

Tabla 16. Requerimientos Urdido

PROCESO URDIDO								
SEMANA	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2
REQUERIMIENTOS BRUTOS			38792	38792	0	0	38792	0
INVENTARIO DISPONIBLE			0					
REQUERIMIENTOS NETOS			38792	38792	0	0	38792	0
REQUERIMIENTOS NETOS TRASLADADOS EN EL TIEMPO		38792	38792	0	0	38792	0	0
REQUISICIÓN PLANEADA		38792	38792	0	0	38792	0	0
INVENTARIO FINAL		0	0	0	0	0	0	0

Nótese que ambos materiales se requieren para la semana -3 para poder empezar con el proceso de urdición.

Finalmente se tiene el material de adquisición del hilo para urdición este se requiere a partir de la semana -4, el consumo para este metro lineal es de 131,9 por metro lineal.

Tabla 17. Requerimientos Hilo Urdimbre.

20/1 ALG. OE						
SEMANA	-4	-3	-2	-1	0	1
REQUERIMIENTOS BRUTOS	5116665	5116665	0	0	5116665	0
INVENTARIO DISPONIBLE	0					
REQUERIMIENTOS NETOS	5116665	5116665	0	0	5116665	0
REQUERIMIENTOS NETOS TRASLADADOS EN EL TIEMPO REQUISICIÓN PLANEADA INVENTARIO FINAL	0	5116665	0	0	0	0

El MRP se realizó para 52 semanas aproximadamente un año, y para cada ítem importante de la compañía. Toda esta información se la consolido en una aplicación para obtener los requerimientos netos para la adquisición de componentes. Los componentes hilos se requieren en algunas telas por lo que se debería organizar estos requerimientos agrupándolos. Así mismo la goma textil es requerida para todos los tipos de tela.

Para todas las telas importantes se requiere de 8 tipos de componentes diferentes, estos requerimientos fueron agrupados a partir de la aplicación.

Tabla 18. Requerimientos Brutos Agrupados para el Hilo 16/1 ALG.OE.AT

16/1 ALG.OE.AT					
Semana	-5	-4	-3	-2	-1
Requerimientos Brutos	4798570	4798570	0	0	4798570
Inventario Disponible					
Requerimientos Netos					
Requerimientos Netos Trasladados en el Tiempo Requisición Planeada Inventario Final					

Una vez agrupada los requerimientos para los componentes se puede empezar a planificar las requisiciones, sin embargo, es importante considerar que un sistema lote-lote no sería la mejor opción para los componentes ya que se debe considerar otros aspectos como costos de preparación y de mantener inventario para los componentes.

Tamaño de Lote Óptimo para componentes.

Para establecer el mejor tamaño de lote es importante establecer el costo de preparación y costo de mantener inventario semanal.

Considerando al encargado de compras, los encargados del transporte, el camión propio de la compañía, gasolina y finalmente la distancia entre la empresa y la importadora donde se abastece de los materiales, se consiguió un costo de preparación \$ 84,42.

Adicionalmente, la tasa de interés se calculó de la misma manera que la de inventario con la modificación de un espacio diferente para la bodega de materias primas, finalmente al pasar de una tasa anual se debe dividir por 52 para ajustarse a semanas por lo tanto la tasa final es de 0,14% a este se lo debe multiplicar por el precio del componente para obtener el valor de mantener inventario por una semana en otras palabras.

Ya con estos valores se puede estimar los costos generales entre los distintos modelos de lote utilizados: Lote-Lote, CEP y Heurística Silver-Meal

Tabla 19. Requisición para el Hilo 16/1 ALG.OE.AT Considerado método Lote-Lote*Lote-Lote.*

Costo Total	\$ 1.435,14
--------------------	-------------

16/1 ALG.OE.AT								
Semana	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	
Requerimientos Brutos						4798570	4798570	
Inventario Disponible						0		
Requerimientos Netos en Kilos						4798,57	4798,57	
Requerimientos Netos Traslados en el Tiempo						4798,57	4798,57	
Requisición Planeada						4798,57	4798,57	
Inventario Final						0	0	

Los lotes tienen el mismo tamaño que los requerimientos por lo que no se incurre en costos de inventario, sin embargo, no siempre son los óptimos en especial cuando los costos de preparación o de hacer un pedido es alto. El costo calculado en este caso es el costo de preparación por el número de pedidos.

Tabla 20. Requisición para el Hilo 16/1 ALG.OE.AT Considerado método CEP*CEP*

Costo Total	\$ 1.181,88
--------------------	-------------

16/1 ALG.OE.AT				
Semana	-6	-5	-4	
Requerimientos Brutos		4798570	4798570	
Inventario Disponible		0		
Requerimientos Netos en Kilos		4798,57	4798,57	
Requerimientos Netos Traslados en el Tiempo		4798,57	4798,57	
Requisición Planeada		5468	5468	
Inventario Final		669,4296	1338,859	

La requisición planeada se hace en base a un Q óptimo que se construye con la fórmula de cantidad de pedido económico que se aplica cuando la demanda es conocida y no se permiten faltantes que en este caso sería correcto. El costo se calcula de la suma de los costos de mantener inventario y las veces de pedidos. El costo reduce significativamente para todos los componentes sobre el método lote-lote.

Tabla 21. Requisición para el Hilo 16/1 ALG.OE.AT Considerado método Silver-Meal

Heurística de Silver-Meal

Costo Total	\$ 1.181,880
--------------------	---------------------

16/1 ALG.OE.AT					
Semana	-10	-5	-4	-3	-2
Requerimientos Brutos		4798570	4798570	0	0
Inventario Disponible		0	0	0	0
Requerimientos Netos en Kilos		4798,57	4798,57	0	0
Requerimientos Netos Traslados en el Tiempo		4798,57	4798,57	0	0
Parametro Silver Meal		\$84,42	\$61,80	\$41,20	\$30,90
Requisición Planeada		9597,141			
Inventario Final		4798,57	0	0	0

Esta heurística moderna consigue obtener una respuesta óptima ya que balancea cuanto pedir y los valores variables. En algunos casos cuando la variabilidad no es muy alta no es recomendable de utilizar. El método analiza en qué punto es mejor generar un nuevo pedido o agrupar los requerimientos.

Tabla 22. Tabla resumen de los resultados de costos obtenidos por aplicar diferentes métodos para planificar lotes.

Compnente	LOTE - LOTE	CEP	SILVER-MEAL
16/1 ALG.OE.AT	\$ 1.435,14	\$ 1.181,88	\$ 1.181,88
20/1 ALG. OE	\$ 2.194,92	\$ 1.266,30	\$ 1.181,88
Goma Textil	\$ 3.123,54	\$ 84,42	\$ 84,42
5/1 ALG. OE	\$ 1.013,04	\$ 590,94	\$ 675,36
10/1 ALG. OE	\$ 1.519,56	\$ 675,36	\$ 844,20
DL 150F48 SM. RD. INT	\$ 506,52	\$ 337,68	\$ 84,42
24/1 POL/ALG. OE	\$ 675,36	\$ 422,10	\$ 84,42
10/1 POL/ALG. OE	\$ 253,26	\$ 253,26	\$ 84,42

Bajo los métodos para generar tamaños de lote resalta que el tamaño de lote-lote en este caso nunca es la mejor opción. A su vez es recomendable a veces utilizar el método CEP o en otras ocasiones la metaheurística de Silver-Meal. Este caso es curioso ya que el costo de preparación es grande comparado con el pequeño precio de mantener inventario.

CONCLUSIONES

En general, se puede concluir que la industria Textil tiene una alta variedad en la demanda de sus productos, en donde la *expertise* humana juega un rol importante para determinar patrones en series de tiempo y posteriormente seleccionar los métodos a utilizarse. Los pronósticos pueden llegar a ser una herramienta determinante que hace frente a este tipo de dificultades, además, contribuye a la generación de beneficios económicos para la empresa.

El lead time es decisivo para muchos clientes de productos personalizados, donde en un mercado tan competitivo el mejor tiempo es electo. Por lo que reducirlo por medio de un correcto manejo de inventarios suma gran valor a la organización. Con la propuesta de políticas de inventario y stock de seguridad se esperaría que la mayor cantidad de las veces la tela base esté disponible para cubrir la demanda en especial para los items más importantes que generan la mayor utilidad, por lo tanto, el lead time se prevería que se reduzca a solo el tiempo de personalización de 1-2 semanas correspondiente al tiempo esperado de los procesos finales de tinturado o estampado, evitando que en su mayoría se tenga un lead time irregular y a veces excesivo cuando no se cuenta con la base de tela o aún peor cuando no están disponibles los componentes para la fabricación de la tela base.

En cuanto a los pronósticos, se concluye que todos los pronósticos se encuentran dentro del rango aceptable de acuerdo con el porcentaje que indica el EPAM menores al rango del 20 %. El método de pronóstico utilizado para todos los casos fue triple suavizamiento exponencial Winters, método que se adecua de manera eficiente con

patrones estacionales y patrones estacionales con tendencia que concuerda con el tipo de Industria Textil expuesta en este caso.

Con respecto a las políticas de inventario utilizadas, se trabajó con el modelo (Q, R) usando el nivel de servicio tipo 2, es representativo para el tipo de empresa en estudio, debido a la demanda estocástica o no conocida con exactitud que presentan las ventas. La gestión de inventarios permite a las empresas tener un seguimiento de los niveles de inventario y garantizar un stock de seguridad de cada artículo importante. El modelo de inventario empleado en este caso de estudio aportó considerablemente una propuesta de mejoramiento de las políticas de reabastecimiento a través de la disminución de pérdidas de ventas por no tener el producto, junto a la reducción de productos obsoletos, con una inversión anual total de la compañía de \$ 23 309,00.

Adicionalmente, la planificación de requerimiento de materiales (MRP) es una herramienta de planificación importante para lograr agrupar todos los temas anteriormente mencionados. El MRP aportó considerablemente en el mejoramiento de la planificación productiva de la empresa, debido a que logra la anticipada y ordena planificación de componentes, para un mejor uso de los mismos. Es importante agrupar los requerimientos de componentes en caso de que este se use en varios productos semielaborados de tela base, para un manejo adecuado de componentes ya que muchos de ellos se usan en varias telas.

Finalmente, el punto lote por lote generalmente no es la mejor opción ya que no considera para nada los costos de inventario ni los de pedido. A su lugar es mejor utilizar métodos alternativos como el CEP o la metaheurística Silver-Meal y escoger el mejor en base a una métrica de costos, en este estudio los modelos que mejor se ajustaron

mejor al tratamiento de materiales fue el CEP y Silver-Meal.

LIMITACIONES

La empresa donde se realizó este estudio tuvo ciertas limitaciones referentes a la información compartida, esto por cuestiones de confidencialidad, mala gestión de la información y datos que nunca se recompilaron. Las ventas por la Pandemia y movilizaciones nacionales mostraban errores e irregularidades en la demanda. Sin embargo, esto fue mitigado con la ayuda de un análisis minucioso de las series de tiempo para identificar comportamiento y patrones atípico, para posteriormente el establecimiento de una metodología de tratamiento de datos atípicos con los agentes comerciales directamente.

Los ítems pronosticados no fueron terminados como generalmente se recomienda, pero por el tipo de industria y el tipo de negocio no eran factibles, esta limitación se el manejo de la mejor manera posible con la aproximación más cercana al producto terminado justo antes de la personalización de los clientes. Es aconsejable que al no ser un pronóstico de producto final se considere que este producto en inventario debe pasar por procesos de terminación, que se examine que se debe planificar también materiales y componentes para el tinturado y estampación. Se podría considerar un pronóstico agrupado de componentes, para ítems terminados que compartan materiales similares para adelantarse y planificar este tipo de materiales finales de la mejor manera.

Se conto con limitaciones de solo tener datos mensuales de demanda por lo que

los pronósticos fueron realizados a partir de esa unidad de tiempo. El MRP al ser una planificación más detallada requería ser en semanas, por ende, los pronósticos mensuales fueron descompuestos a semanas de igual magnitud. El asumir que la demanda se comporta igual de semana a semana durante el mismo mes no necesariamente es correcto, ya que podría presentarse mayores pedidos en la semana inicial o mayores pedidos en la última semana del mes. Debido a la falta de datos de demanda diarias o semanales no se conoce el comportamiento de la demanda de semana en semana en los distintos meses, lo cual es una limitación considerable para una planificación detallada correcta semanal. Por lo que se sugiere a la compañía manejar y almacenar en lo posibles datos de demanda diaria para una mejor planificación semanal.

Los componentes para la fabricación de telas en muchas ocasiones eran valores decimales que debieron ser redondeados al entero superior para el evitar el quedarse con falta de componentes en una parada importante de producción, este costo adicional acumulado por componente suele ser entre 9-15 kilos de hilo al año lo que representa un 0,1% de material adicional que no representa una gran suma de dinero menos de \$ 20 para la compañía, y estos kilos de hilo adicional no se pierden pueden ser utilizados en posteriores fabricaciones de tela, sin embargo es recomendable que cada año se reajuste estos niveles de inventario de componentes en el MRP, además una política de que el primer componente en llegar a la bodega sea el primero en salir para reducir deterioro de materiales por excesivo tiempo de almacenamiento.

BIBLIOGRAFÍA

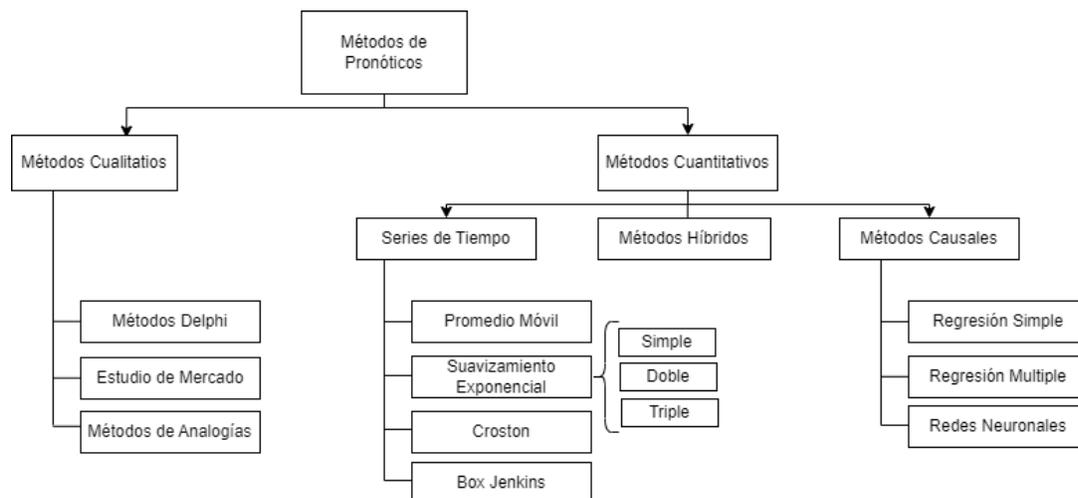
- Arroba, E., Perez V., Tamayo, Jorge., Molina, Ibeth. (2021) Determinantes de compra del consumidor de prendas de vestir en la Provincia de Tungurahua. Revista Eruditus.
- AITE I Industria.* (2021). <https://www.aite.com.ec/industria.html>
- Betancourt, D. F. Medición del error en pronósticos de demanda [Internet]. 2016 [citado 2022 octubre 19]. Recuperado de: <https://ingenioempresa.com/medicion-error-pronostico>
- Bratu-Simionescu, (2013). Mejoras en la evaluación de la precisión de los pronósticos: un estudio de caso para los pronósticos macroeconómicos rumanos. Revista serbia de gestión, 8 (1), 53-65
- Corporación Financiera Nacional B.P. (2021). Industrias Manufactureras: Prendas de Vestir.
- Delgadillo-Ruiz, O., Ramírez-Moreno, P. P., Leos- Rodríguez, J. A., Salas González, J. M., & Valdez- Cepeda, R. D. (2016). Pronósticos y series de tiempo de rendimientos de granos básicos en México. Acta Universitaria, 26(3), 23-32.
- DELGADO J. y MARÍN F. (2000): “Evolución en los Sistemas de Gestión Empresarial. Del MRP al ERP”. Economía Industrial, N° 331, pp. 51-58.
- Burgaentzle Jarrín, F (2016). Pronósticos y modelos de inventarios en las industrias de alimentos: caso de estudio de una empresa láctea ecuatoriana. Quito- Ecuador. COBUEC.
- Ghiani, G., Laporte, G., & Musmanno, R. (2004). Introduction to Logistic System Planning and Control. John Wiley & Sons: Chichester
- Hanke, J. E. y Wichern, D. W. (2006). Pronósticos en los negocios (8.a ed.). México D.F.: Pearson Educación

- Heizer, R., & Render, B. (2008). Dirección de la producción y de operaciones: Decisiones Estratégicas. Madrid: Pearson Educación, S.A.
- Hillier, F., & Lieberman, G. (2010). Investigación de Operaciones. México, D.F.: McGrawHill / Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Kunaukaite, G. (2022). Global Overview of the Rubber and Plastic Industry [Review of Global Overview of the Rubber and Plastic Industry]. In Passport. Euromonitor International.
- Liujima, J. (2021). Rubber and Plastic in Latin America [Review of Rubber and Plastic in Latin America]. In Passport. Euromonitor International.
- Nahmias, S. (2007). Análisis de la producción y las operaciones (5th ed.). México D.F.: Mc Graw-Hill Interamericana
- Ng, C.T., Cheng, T.C.E., Kotov, V. & Kovalyov, M.Y. (2009). The EOQ problem with decidable warehouse capacity: Analysis, solution approaches and applications. *Discrete Applied Mathematics* 157, 1806-1824.
- Passport (2022). Global Overview of Textile and Leather Products Industry. In Passport. Euromonitor International.
- Piñero, J. C. M. Control de inventarios sujeto a demanda incierta: El modelo del repartidor de periódicos. *Ingeniero Industrial por la Universidad Sergio Arboleda. Miembro del Semillero de investigación en Eficiencia, eficacia y sostenibilidad del Programa de Ingeniería Industrial.*
- Porteus, E. L. (2008). The newsvendor problem. In *International Series in Operations Research and Management Science* (Vol. 115, pp. 115–134). Springer New York LLC. https://doi.org/10.1007/978-0-387-73699-0_7

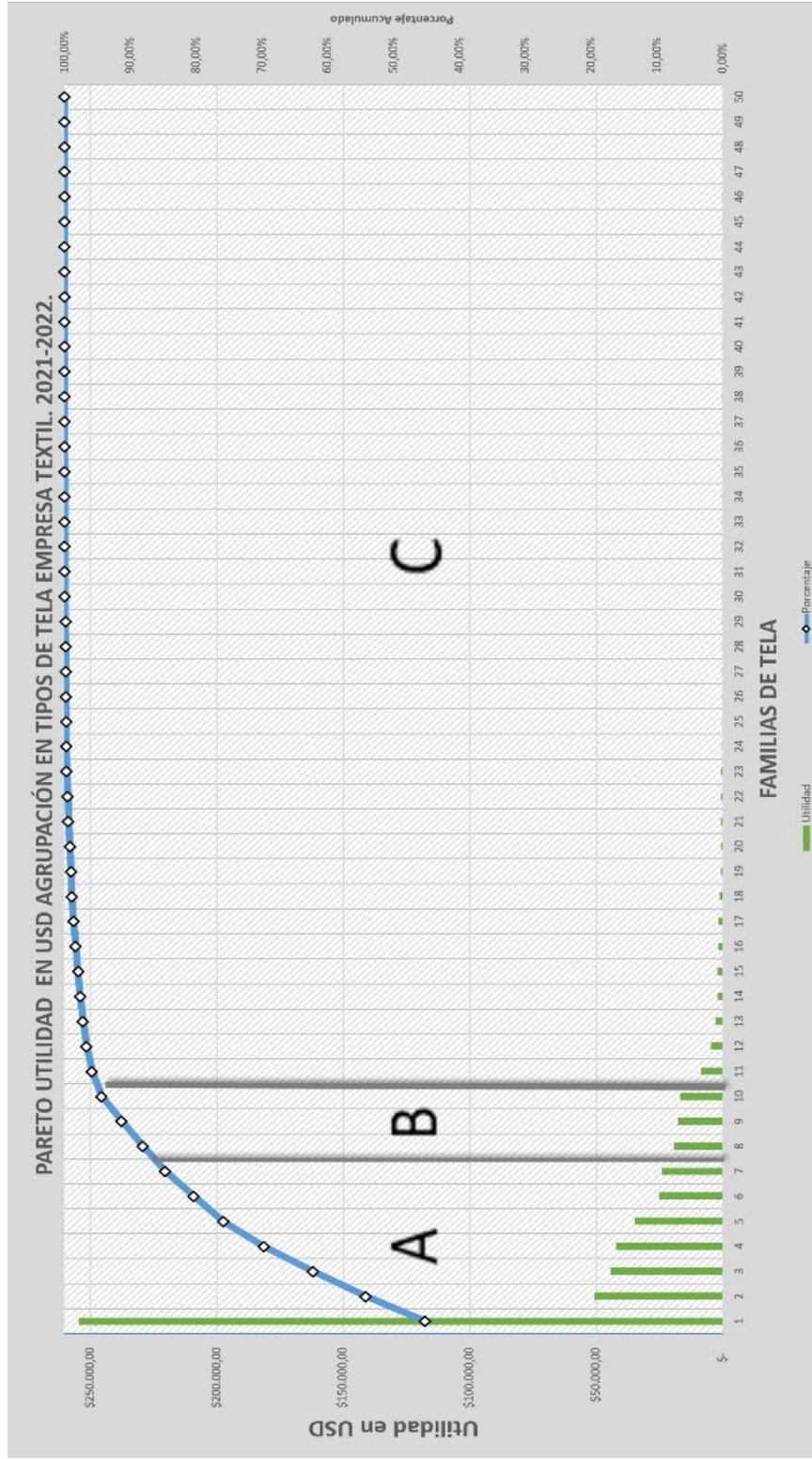
- Rakićević, Z., & Vujošević, M. (2015). Focus forecasting in supply chain: the case study of fast-moving consumer goods company in Serbia. *Serbian Journal of Management*, 10(1), 3-17.
- Raturi, AS. & Singhal, VR. (1990). Estimating the opportunity Cost of Capital for Inventory Investments. *Omega Int. J. of Mgmt Sci.*, Vol 18, No.4, 407-413.
- Rodríguez, A. C. (2014). Modelo de planeación de mano de obra y materiales con demanda variable de envases farmacéuticos y cosméticos plásticos.
- Silver, E. A. y R. Peterson. *Decision Systems for Inventory Management and Production Planning*. 2a. ed. Nueva York: John Wiley & Sons, 1985.
- Torres, M. (2011). Pronósticos, una herramienta clave para la planeación de las empresas. Instituto Tecnológico de Sonora [consultado 18 Oct 2022]. Disponible en: <http://itson.mx/publicaciones/pacioli/Documents/no71/47a.pronosticos,unaherramientaclaveparalaplaneaciondelasempresas.pdf>
- Vélez, J y Nieto, P.(2016). Validación de Medidas de Evaluación para el Pronóstico de Tasa de Cambio en Colombia. Obtenido el 28/11/2022 desde: <https://repository.cesa.edu.co/bitstream/handle/10726/1577/MFC00491.pdf?sequene=1&isAllowed=y>

ANEXOS

Anexo 1: Métodos de Pronósticos

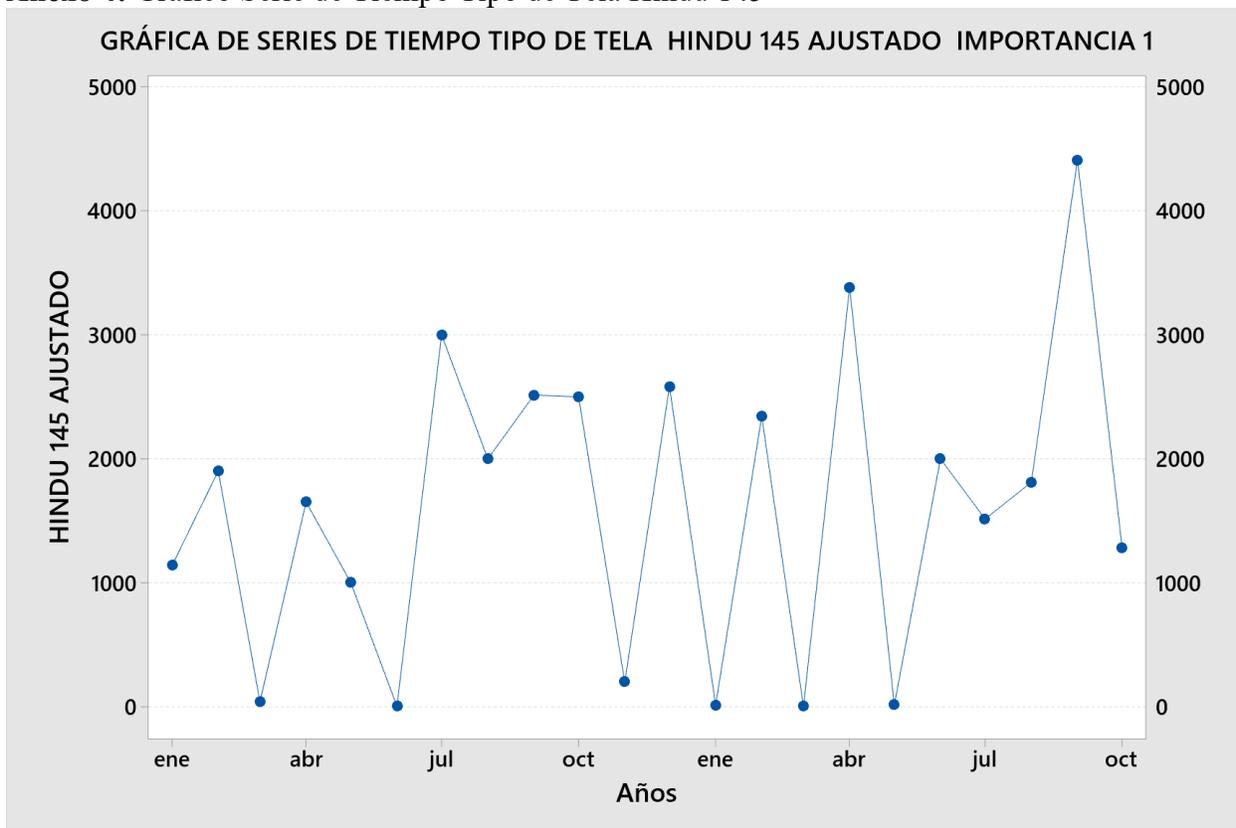


Anexo 2. Gráfico de Pareto de Pareto “Ganancia Total” del año 2021 - 2022

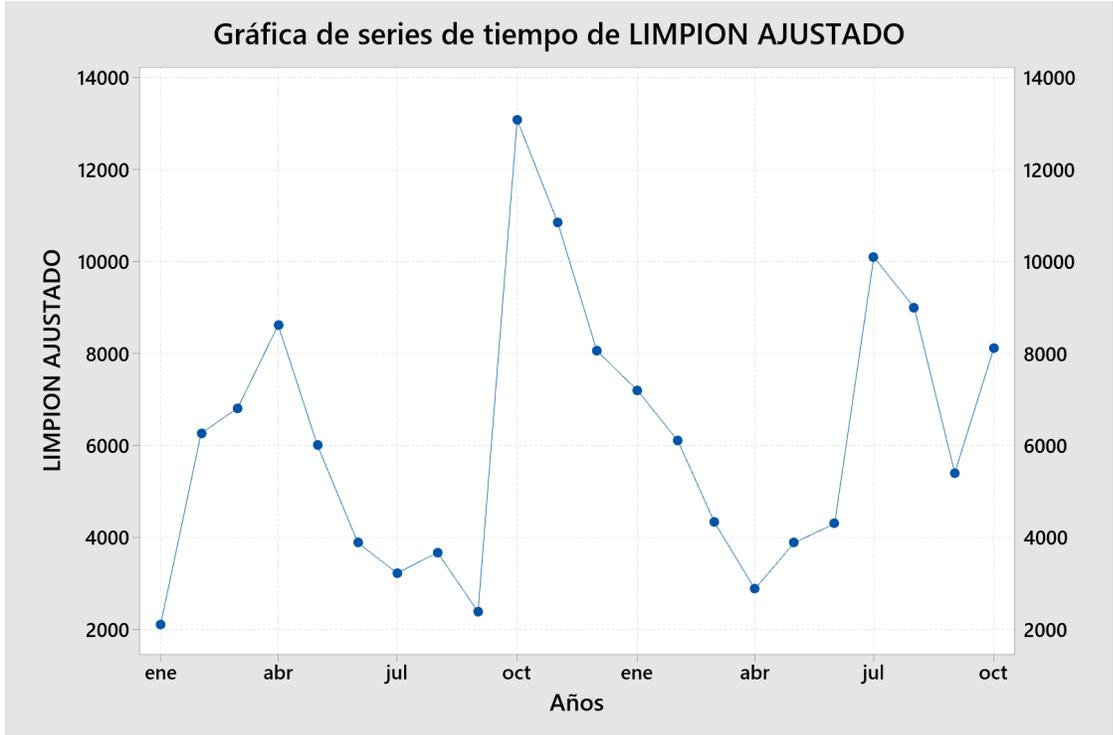


Anexo 3: Tabla Análisis ABC según la importancia de familia de telas.

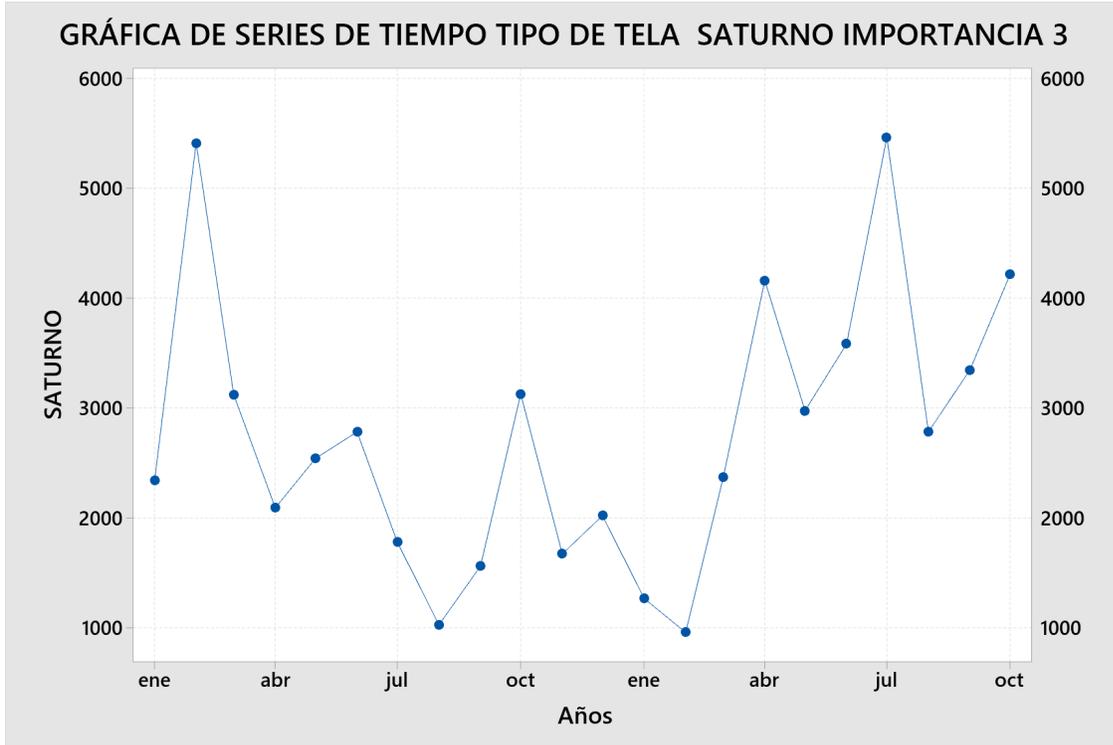
Importancia	TELA	Análisis ABC
1	HINDU 180	A
1	HINDU 145	A
2	LIMPION	A
3	SATURNO	A
4	LONA	A
5	BENGALINA	A
6	BOLSILLO	A
7	MARGARITA	B
8	TELA PAÑAL	B
9	DULCE ABRIGO	B
10	FRANELA	B

Anexo 4: Grafico Serie de Tiempo Tipo de Tela Hindu 145

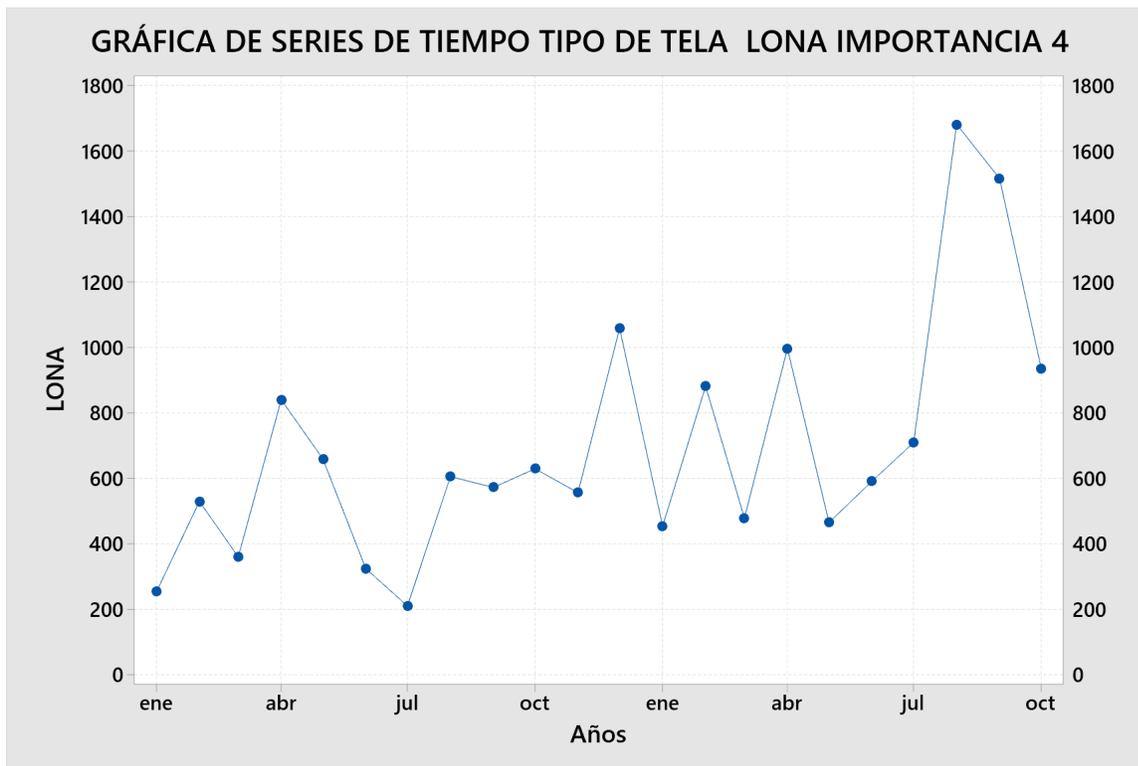
Anexo 5: Grafico Serie de Tiempo Tipo de Tela Limpion



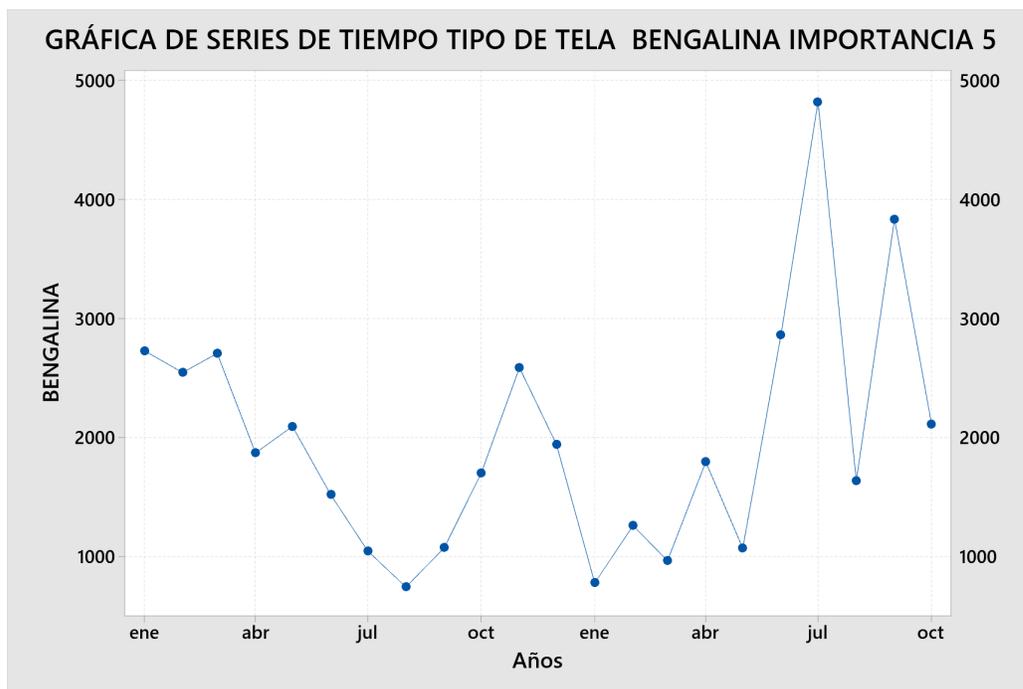
Anexo 6: Grafico Serie de Tiempo Tipo de Tela Saturno



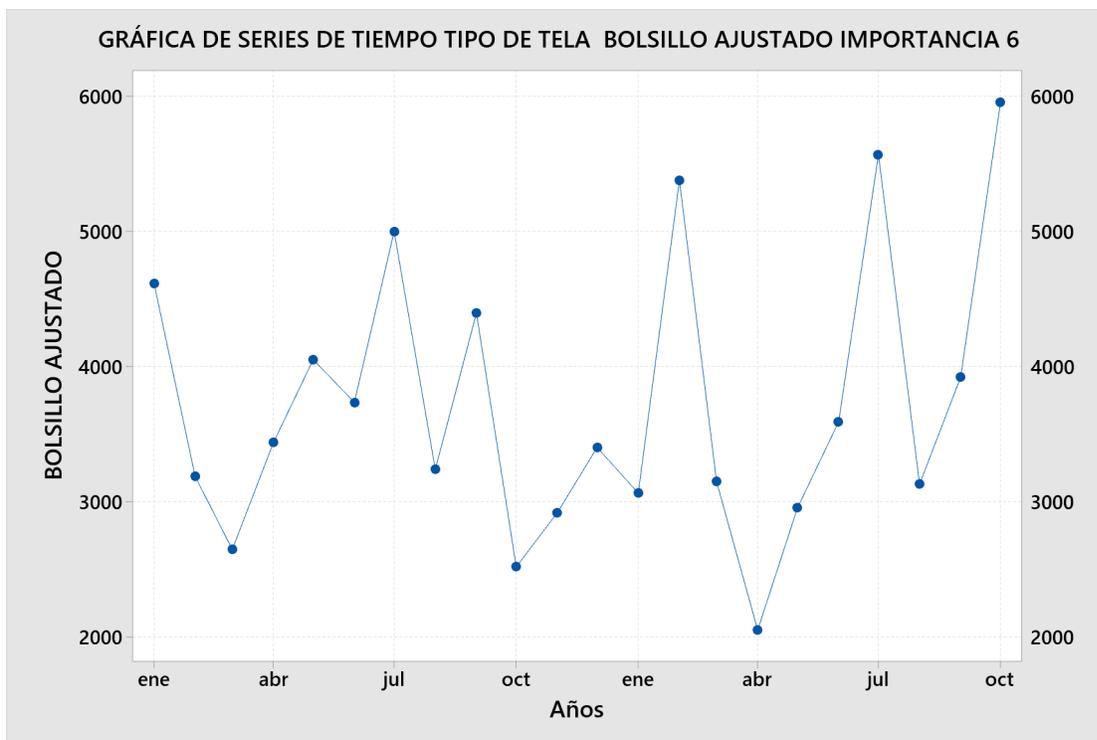
Anexo 7: Grafico Serie de Tiempo Tipo de Tela Lona



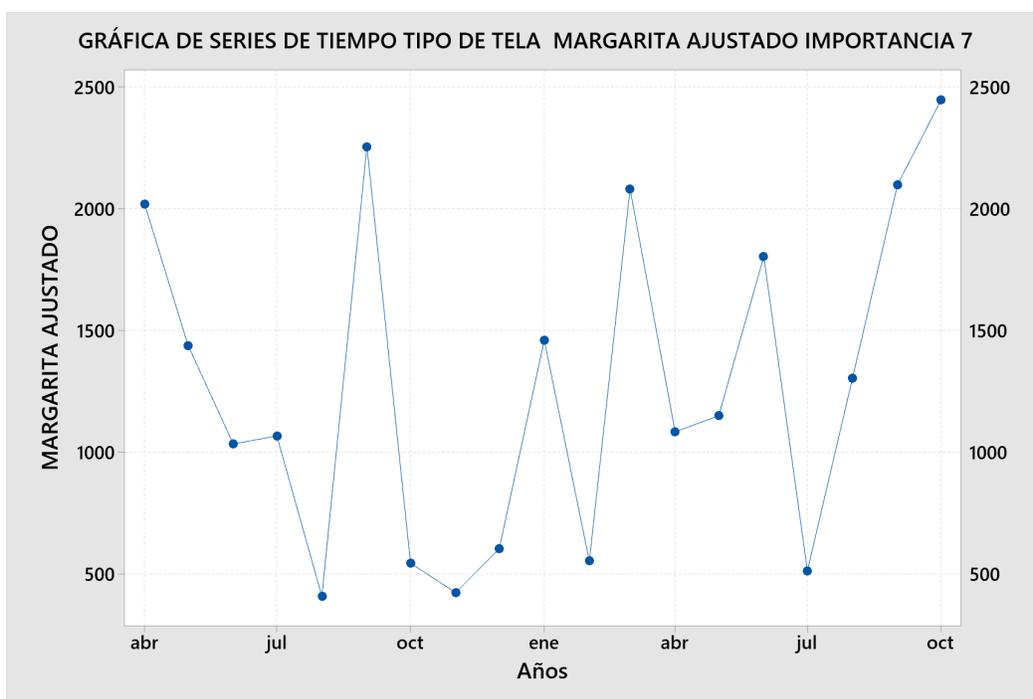
Anexo 8: Grafico Serie de Tiempo Tipo de Tela Bengalina



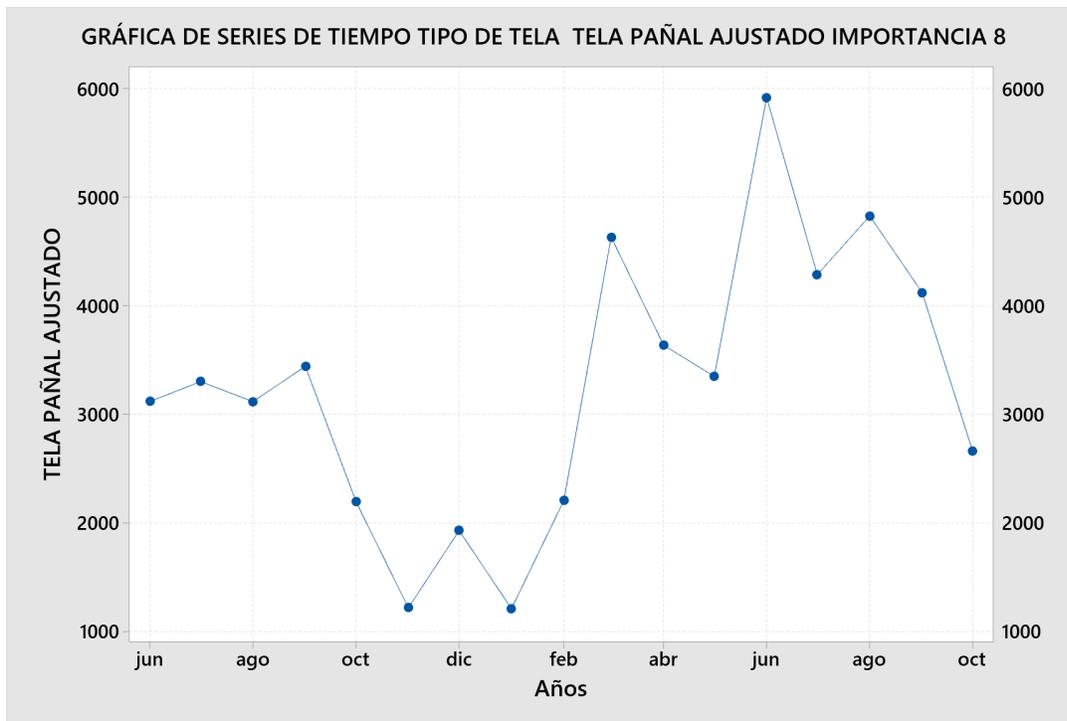
Anexo 8: Grafico Serie de Tiempo Tipo de Tela Bolsillo



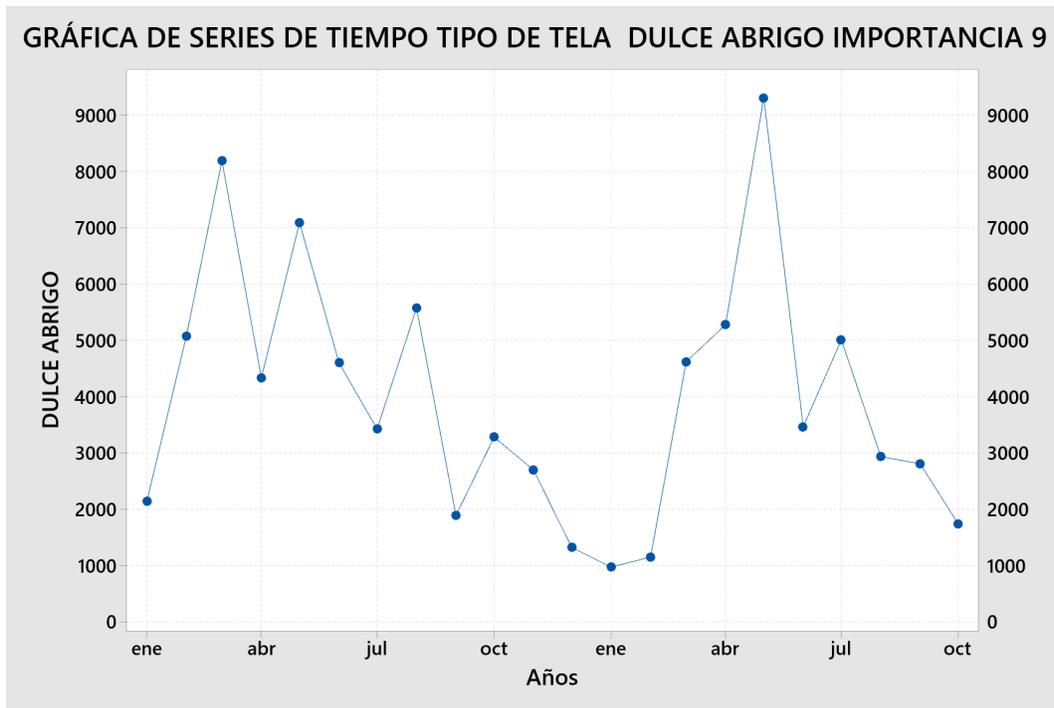
Anexo 9: Grafico Serie de Tiempo Tipo de Tela Margarita



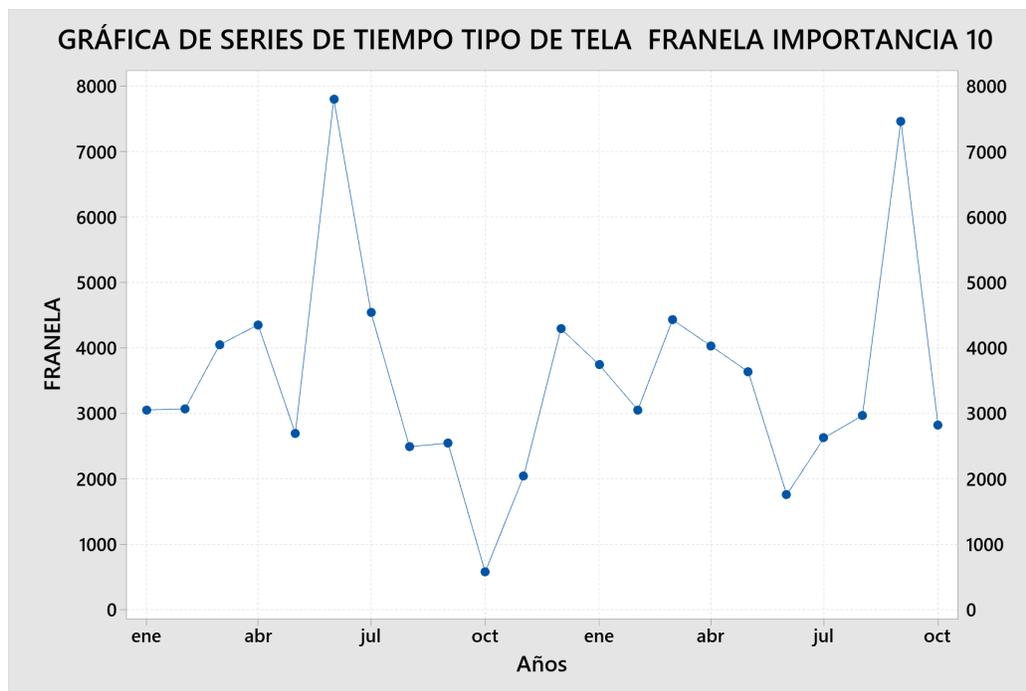
Anexo 10: Grafico Serie de Tiempo Tipo de Tela Pañal



Anexo 11: Grafico Serie de Tiempo Tipo de Tela Dulce Abrigo



Anexo 12: Grafico Serie de Tiempo Tipo de Tela Franela



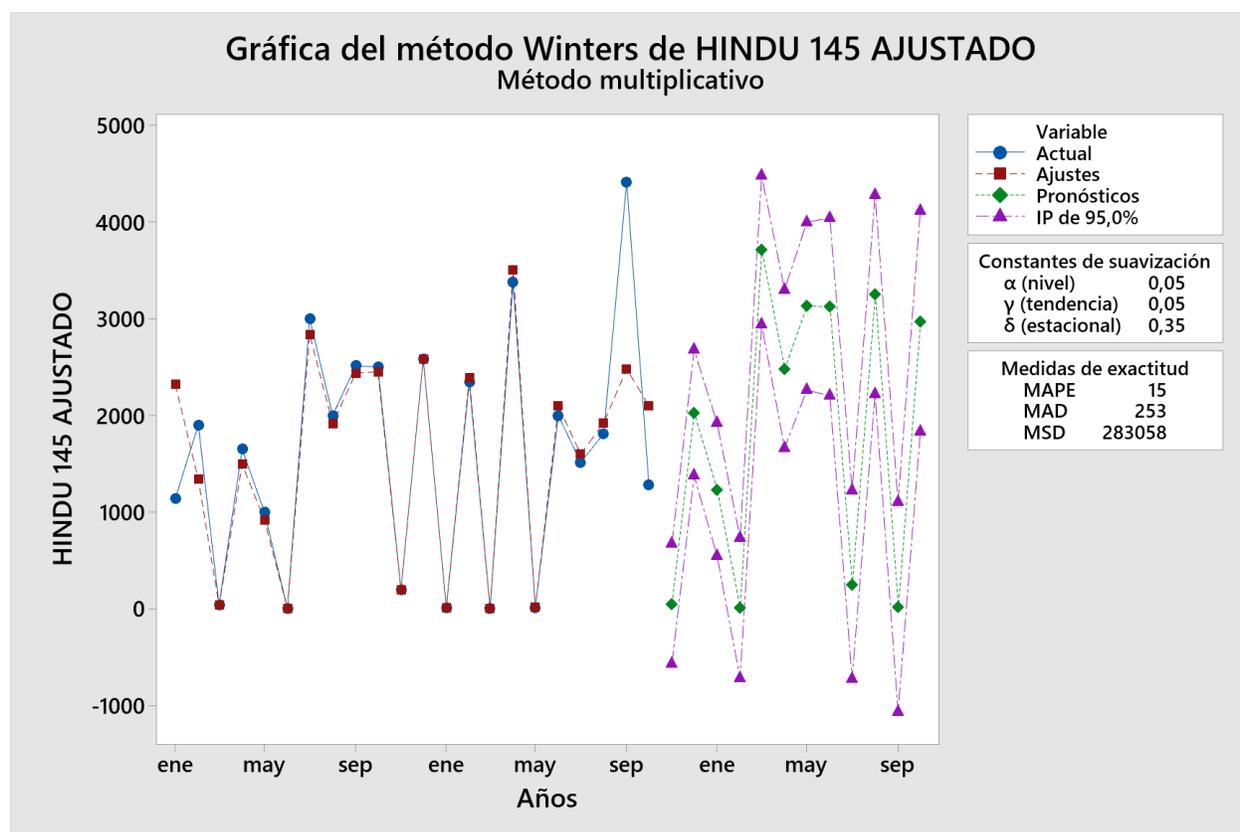
Anexo 13: Tabla resumen modelo de Winters para cada tipo de tela.

Importancia	TELA	Longitud Estacional	Método Aditivo o Multiplicativo	Nivel	Tendencia	Estacionalidad
1	HINDU 180	6	Aditivo	25%	30%	20%
1	HINDU 145	20	Multiplicativo	5%	5%	35%
2	LIMPION	16	Aditivo	30%	5%	5%
3	SATURNO	16	Multiplicativo	20%	30%	20%
4	LONA	16	Multiplicativo	10%	20%	5%
5	BENGALINA	18	Multiplicativo	20%	30%	30%
6	BOLSILLO	12	Multiplicativo	10%	20%	20%
7	MARGARITA	16	Multiplicativo	20%	30%	5%
8	TELA PAÑAL	11	Multiplicativo	20%	20%	10%
9	DULCE ABRIGO	20	Multiplicativo	10%	20%	20%
10	FRANELA	15	Multiplicativo	10%	20%	20%

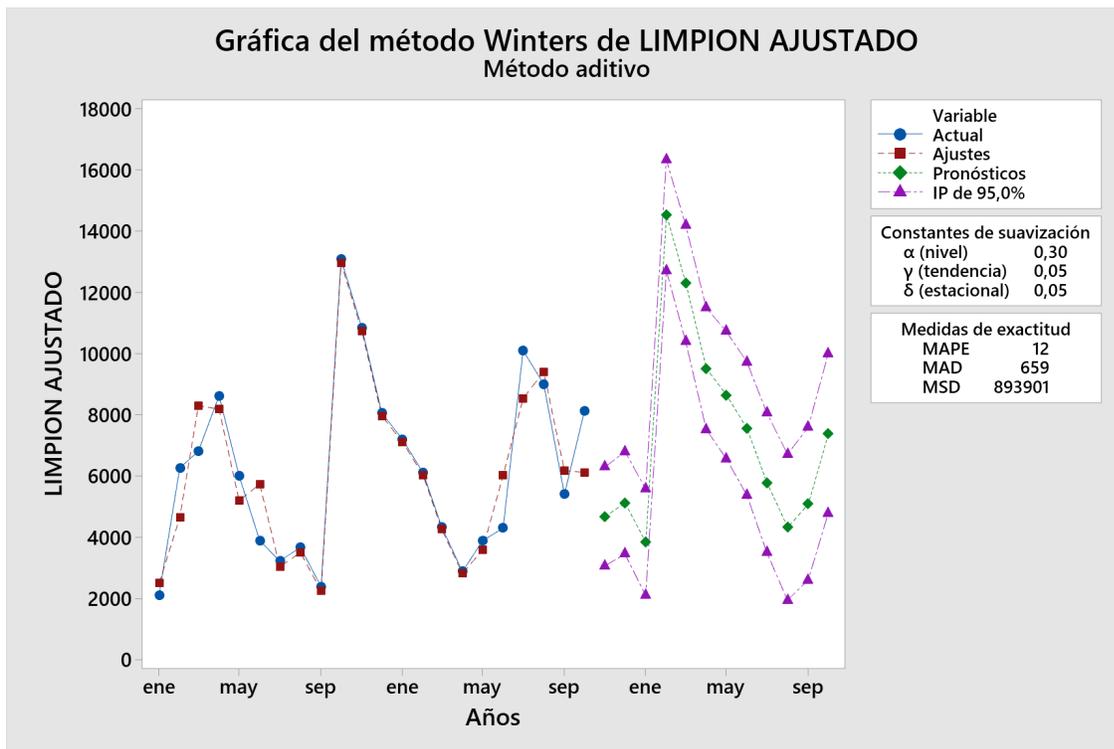
Anexo 14: Tabla resumen modelo de Winters para cada tipo de tela según medida de error MAPE.

Importancia	TELA	MAPE	MAD	MSD
1	HINDU 180	12	2594	12782437
1	HINDU 145	15	253	283058
2	LIMPION	12	659	893901
3	SATURNO	15	395	346811
4	LONA	13,2	80,38	9287,82
5	BENGALINA	14	328	291125
6	BOLSILLO	17	640	763410
7	MARGARITA	15,5	207,9	92130,1
8	TELA PAÑAL	8	260	163941
9	DULCE ABRIGO	11	352	317035
10	FRANELA	14	445	330585

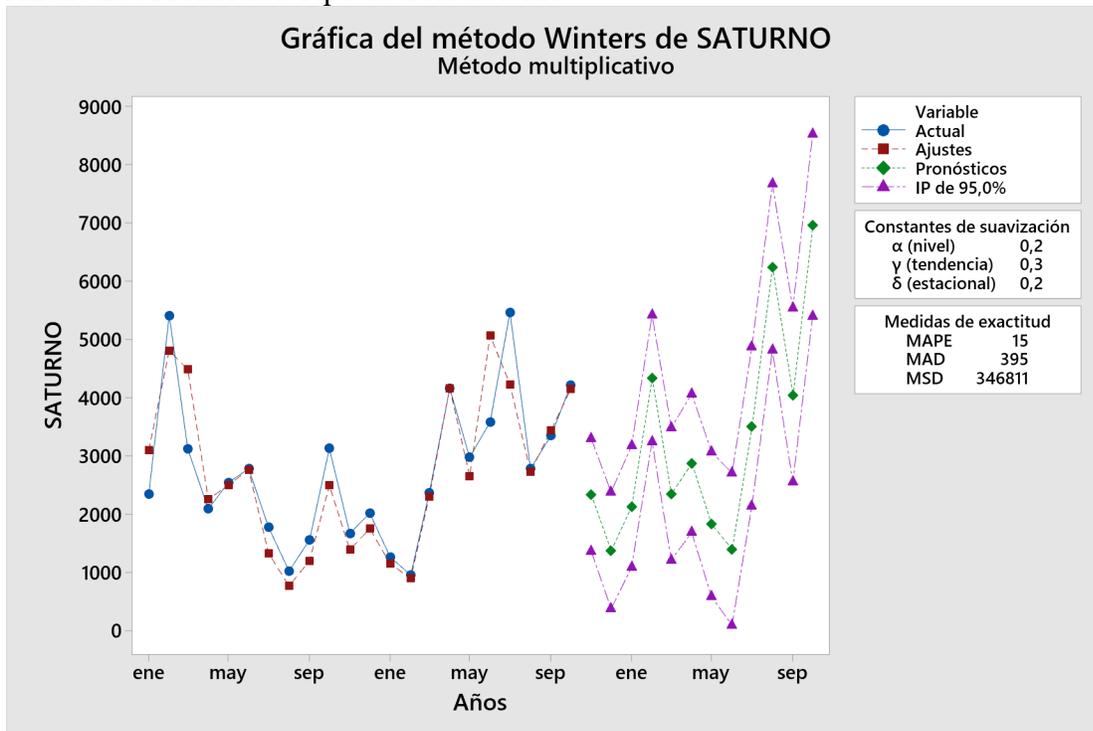
Anexo 15: Pronóstico Tipo de Tela Hindu 145



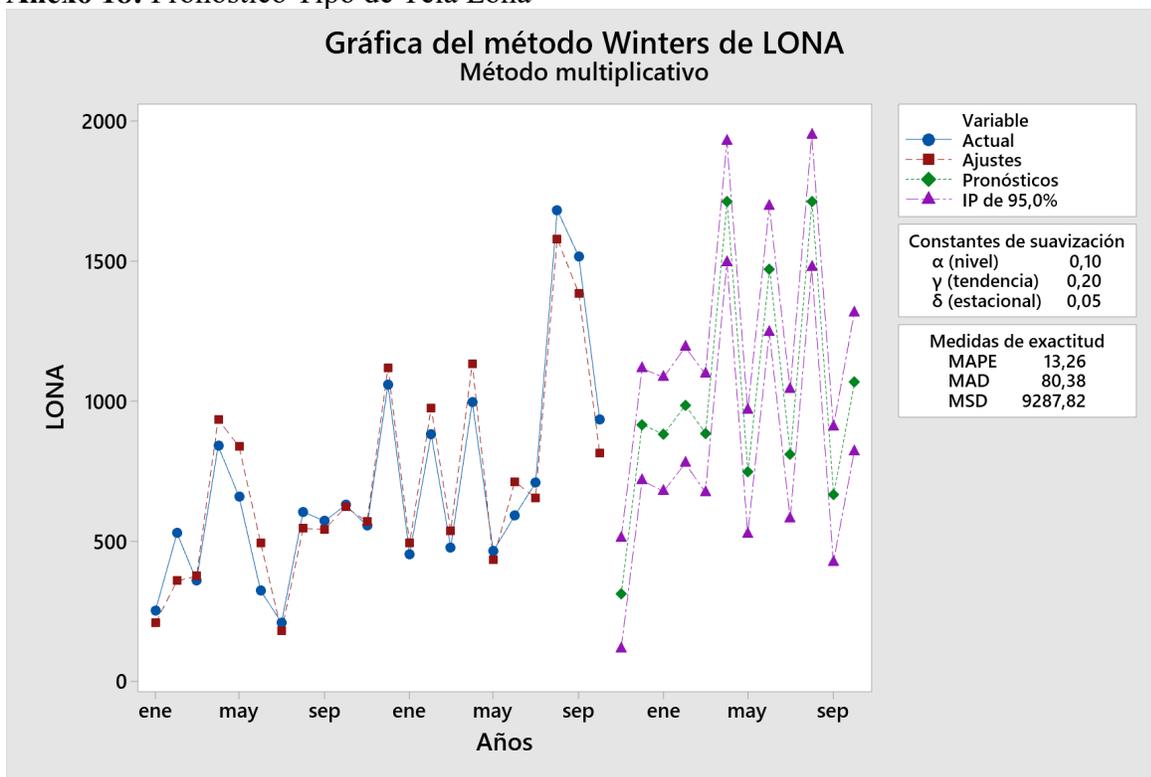
Anexo 16: Pronóstico Tipo de Tela Limpion



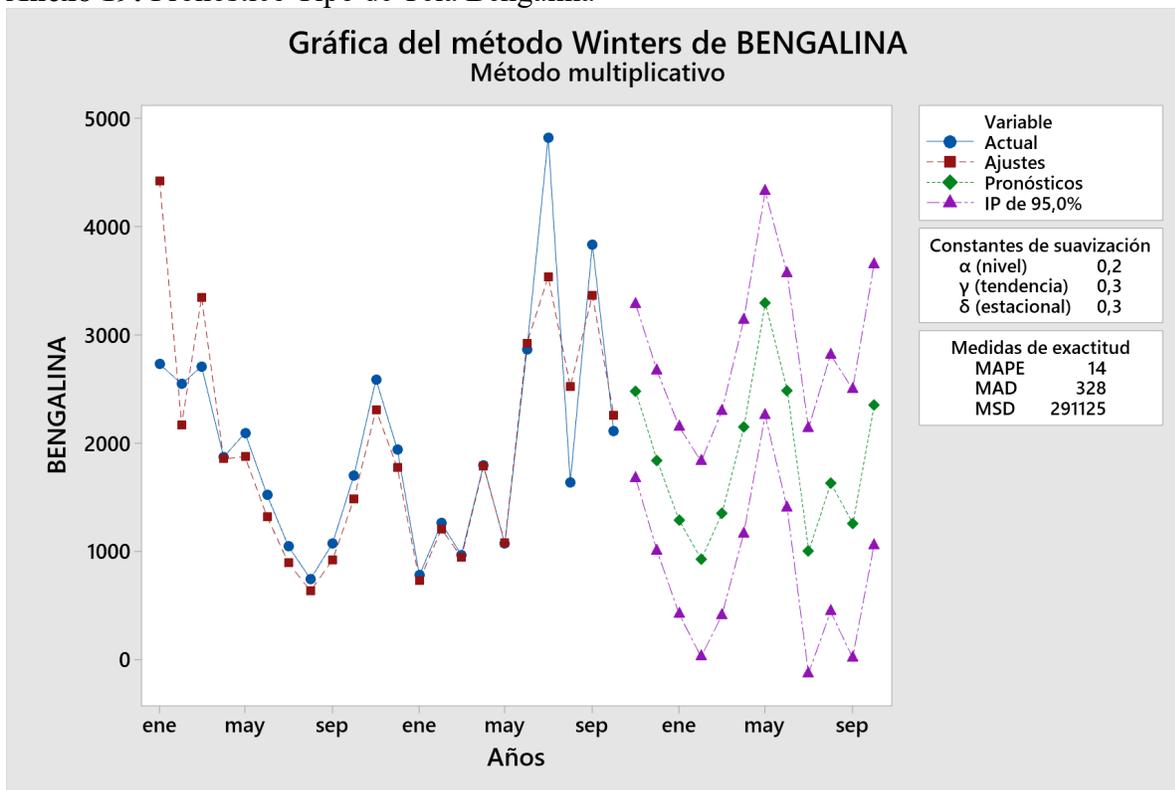
Anexo 17: Pronóstico Tipo de Tela Saturno



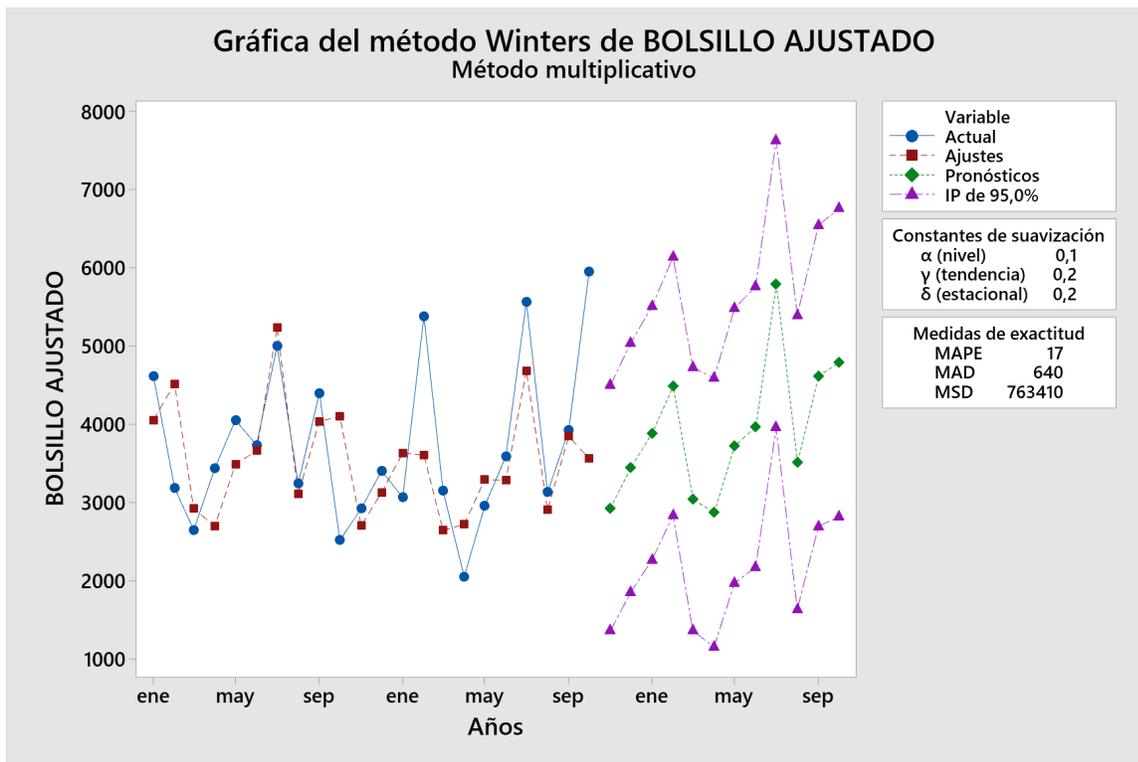
Anexo 18: Pronóstico Tipo de Tela Lona



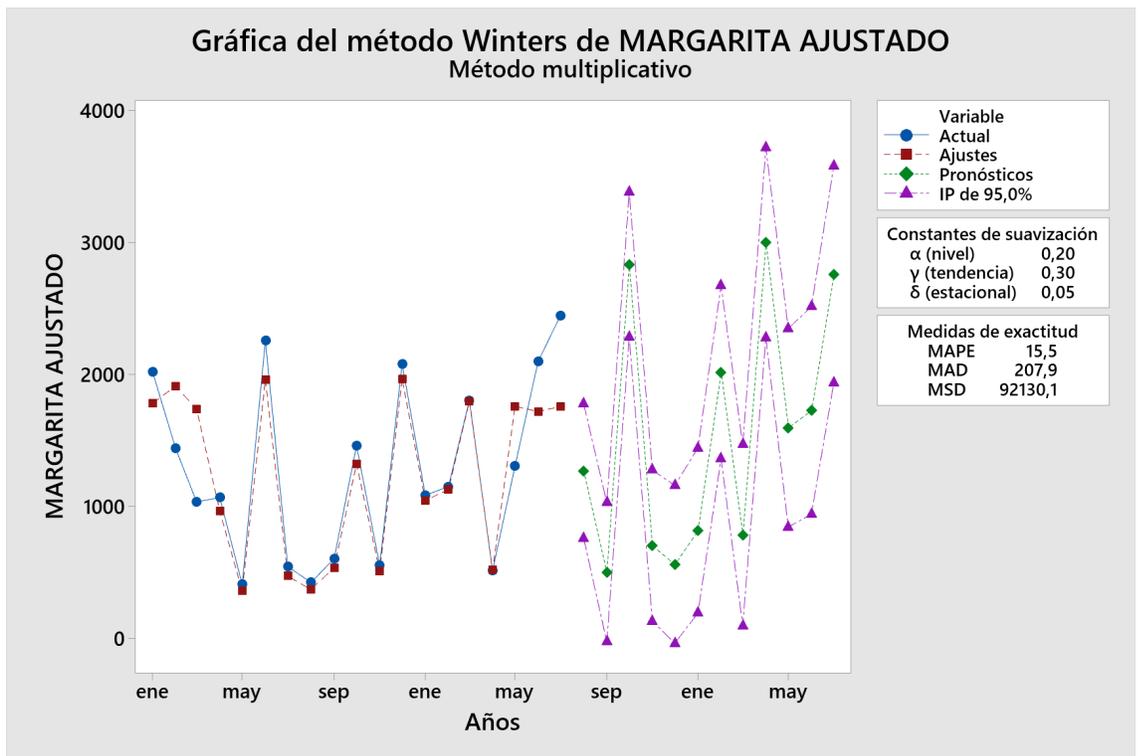
Anexo 19: Pronóstico Tipo de Tela Bengalina



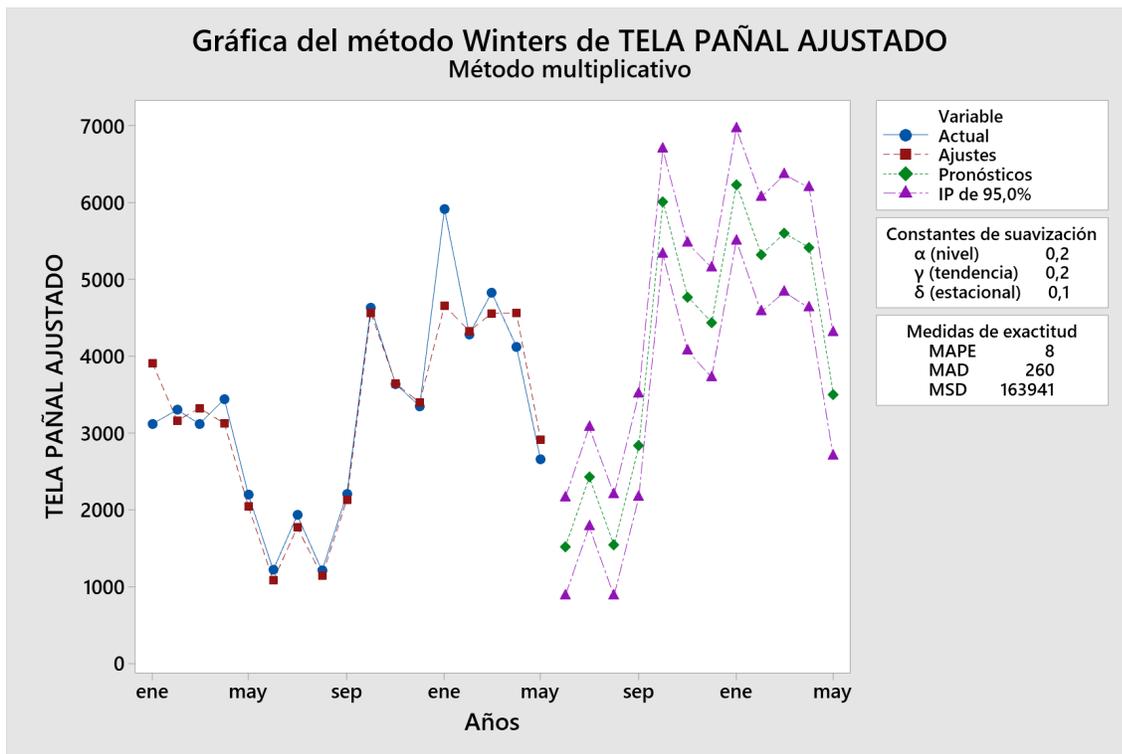
Anexo 20: Pronóstico Tipo de Tela Bolsillo



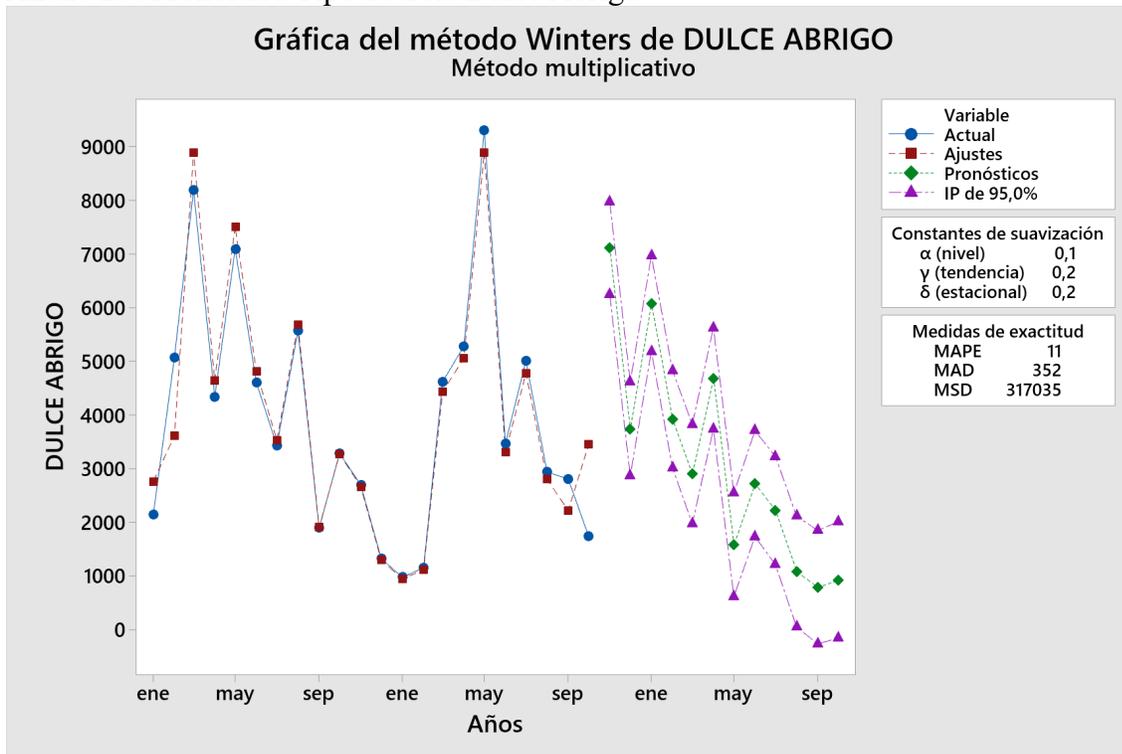
Anexo 21: Pronóstico Tipo de Tela Margarita



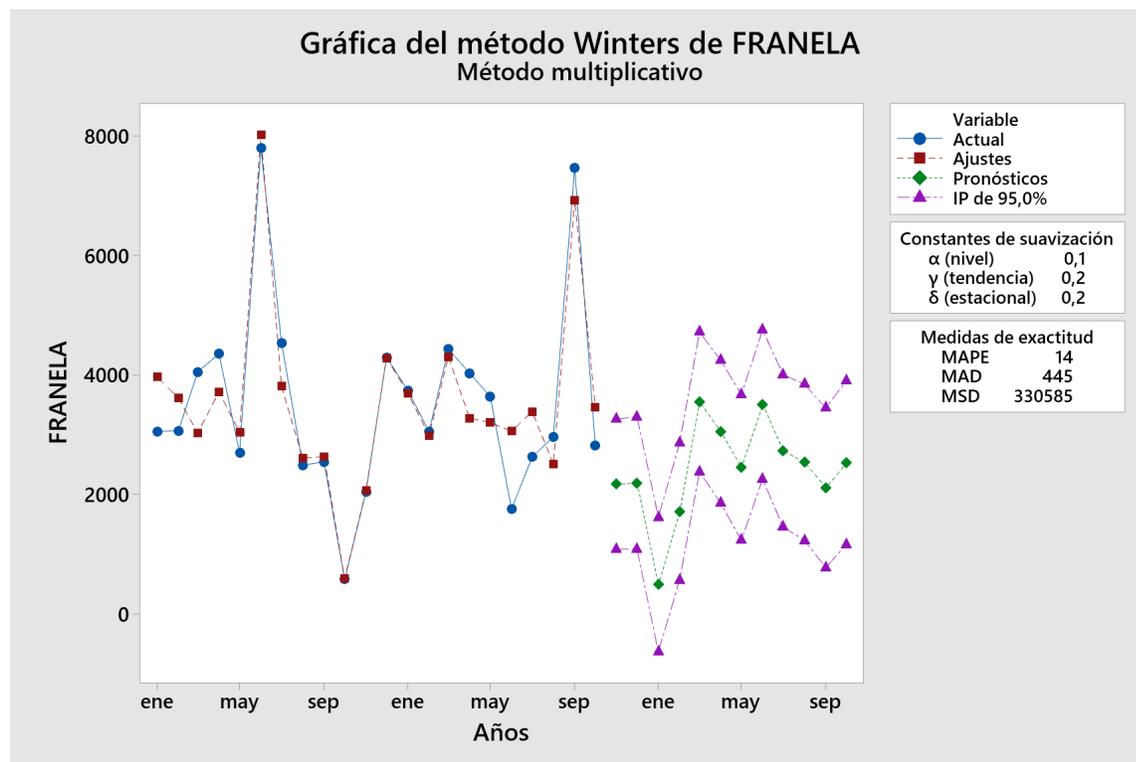
Anexo 22: Pronóstico Tipo de Tela Pañal



Anexo 23: Pronóstico Tipo de Tela Dulce Abrigo



Anexo 24: Pronóstico Tipo de Tela Franela



Anexo 25: Tabla de Pronóstico obtenido para los diferentes tipos de telas.

Periodo	PRONOSTO HINDU 180	PRONOSTICO HINDU 145	PRONOSTICO LIMPION	PRONOSTICO SATURNO	PRONOSTICO LONA
1	32985	53	4682	2334	314
2	27211	2028	5128	1379	917
3	29692	1233	3841	2132	882
4	37543	9	14530	4334	986
5	38312	3711	12300	2350	886
6	38726	2482	9509	2876	1712
7	42031	3130	8650	1828	747
8	36257	3123	7552	1401	1471
9	38738	253	5780	3504	811
10	46588	3252	4329	6242	1714
11	47358	19	5100	4046	667
12	47771	2974	7385	6960	1068

Periodo	PRONOSTICO BENGALINA	PRONOSTICO BOLSILLO	PRONOSTICO MARGARITA	PRONOSTICO TELA PAÑAL	PRONOSTICO DULCE ABRIGO	PRONOSTICO FRANELA
1	2479	2926	1269	1520	7111	2173
2	1838	3446	501	2430	3741	2193
3	1288	3886	2832	1541	6079	493
4	929	4487	703	2835	3923	1713
5	1351	3042	561	6011	2900	3550
6	2153	2872	817	4772	4684	3050
7	3293	3726	2017	4439	1582	2453
8	2485	3967	782	6233	2721	3505
9	1004	5792	2998	5323	2220	2731
10	1631	3513	1596	5599	1083	2538
11	1259	4618	1727	5411	791	2114
12	2352	4788	2760	3504	928	2530