

Universidad de Valparaíso
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil Industrial



**"DESARROLLO DE UN MÉTODO DE PRONÓSTICO DE DEMANDA
APLICADO A UN MODELO DE INVENTARIO DE PRODUCTOS
TERMINADOS PARA EMPRESA DE CONFECCIÓN BUTKA LTDA."**

Por:

**María Carolina Díaz Barraza
Jordán Efraín Fernández Ruiz**

**Trabajo para Optar al Grado de Licenciado en Ciencias de la Ingeniería
y Título de Ingeniero Civil Industrial**

Prof. Guía: Carmen Ortiz

Julio, 2017

Dedicatoria

Agradecemos el esfuerzo de nuestros padres y familiares, los cuales con su apoyo ayudaron a realizarnos profesionalmente y a cumplir nuestros objetivos como personas y como estudiantes.

A nuestros amigos y conocidos, que de una u otra manera nos brindaron todo su apoyo en la elaboración de esta tesis.

Agradecer de manera especial a nuestra profesora guía Carmen Ortiz Z. por su orientación en este proceso, su conocimiento y su calidad de docente, atributos los cuales hicieron de este trabajo el primero de muchos desafíos realizados en nuestra vida profesional.

Resumen

El siguiente trabajo fue realizado en empresa de Confecciones Butka Ltda, empresa familiar cuyo rubro es la confección, compra y venta de productos textiles. Actualmente trabajan 50 empleados y tiene ventas por 2MM\$ anual. La empresa presenta problemas al predecir la demanda futura y por consiguiente el manejo y administración de su inventario, lo que ha provocado quiebres, reduciendo las utilidades y el nivel de servicio entregado. Este problema se debe la carencia de una política estandarizada que se apoye en herramientas, como son modelos de pronósticos de demanda, para realizar los pedidos de forma eficiente a sus proveedores. Otro aspecto que dificulta la administración del inventario, es la lejanía y confiabilidad de algunos de ellos, lo que se traduce en largos y variables tiempos de entrega.

Así, el objetivo central del estudio fue diseñar y evaluar un modelo de pronóstico ad-hoc, el cual minimice la cantidad de ventas perdidas, y crear un de modelo de administración de inventario que busque satisfacer el máximo de pedidos de productos, al mínimo costo de adquisición y mantenimiento. Para ello se seleccionaron 3 familias de productos, los cuales corresponden a los productos más representativos, debido a su importancia en cuanto a ventas y problemas que se presentan en su administración. Se crearon indicadores de desempeño para analizar el error del modelo de pronósticos y para la gestión de inventario, obteniendo para las tres familias el método Holt-Winters de pronóstico (mensual) a utilizar, el cual generó el menor error cuadrático. Para la gestión de inventario se incrementó en el nivel de servicio con un buen modelo de política de inventario , EOQ con Múltiples Productos, el que provocó aumentar el número de rotaciones promedios para cada familia de productos, siendo un 11% mayor con el modelo propuesto y mejorando el nivel de servicio de un 82% a un 97,5%, el cual se basó principalmente en aumentar el nivel promedio de inventario en forma económica, produciendo un efecto proporcional en el incremento del número de ventas proyectadas. Este desempeño repercutió en la disminución de las ventas perdidas, reduciendo la demanda insatisfecha de los productos seleccionados, el cual se cuantificó en \$35 millones de pesos semestrales, donde el modelo propuesto estimó una pérdida de \$ 5 millones de pesos por concepto de ventas perdidas versus los \$ 40 millones que la empresa perdió durante el periodo de evaluación.

Abstract

The following work was carried out in company of garments Butka Ltda, a family company whose object is the production, purchase and sale of textile products. Currently employs 50 employees and has sales by 2MM\$ a year. The company presents problems when predicting future demand and therefore the management and administration of your inventory, which has resulted in breaks, reducing profits and the level of service delivered. This problem is caused by the lack of a policy which is based on standardized tools, such as are models of demand forecasts, to carry out the orders efficiently to their suppliers. Another aspect that makes it difficult for the administration of the inventory, it is the remoteness and reliability of some of them, which translates into a long and variable delivery times.

As well, the central objective of the study was to design and evaluate a model of ad-hoc prognosis, which minimize the amount of lost sales, and create a model of inventory management that seek to satisfy the maximum number of orders for products, at the lowest cost of acquisition and maintenance. 3 were selected for this family of products, which correspond to the most representative products, due to its importance in terms of sales and problems that arise in its administration. Performance indicators were created to analyze the error of the model forecasts and for the management of inventory, getting to the three families the Holt-Winters method of prognosis (monthly) to use, which generated the lowest mean quadratic error. For the management of inventory will increase in the level of service with a good model of EOQ inventory policy , with Multiple Products, which led to an increase in the number of rotations averages for each family of products, with a 11% higher with the proposed model and improving the level of service of a 82% to 97.5%, which was based mainly on increasing the average level of inventory in a cost-effective manner, producing a proportionate effect on the increase in the number of projected sales. This performance had an impact on the decrease of sales losses, reducing the unmet demand for selected products, which was quantified at \$35 million pesos, where the proposed model estimated a loss of \$5 million pesos for lost sales versus the \$40 million that the company lost during the evaluation period.

TABLA DE CONTENIDOS

Introducción.....	1
1 Descripción de la Empresa	3
1.1 Historia	3
1.2 Actualidad.....	3
1.3 Volúmenes de venta.....	5
1.3.1 Ventas por clientes.....	5
1.4 Costos de Producción	6
1.5 Misión.....	6
1.6 Visión	7
2 Cadena de abastecimiento	7
2.1 Proveedores	7
2.2 Transporte.....	9
2.2.1 Costos de Importación.....	10
2.3 Puntos de venta.....	10
3 Descripción general de procesos	11
3.1 Proceso de Compra.....	11
3.2 Proceso de Fabricación.....	11
3.3 Proceso de Venta	12
3.4 Dimensiones para la elección de proceso.....	14
3.4.1 Análisis de Dimensiones	15
4 Descripción del proceso de Compras	18
4.1 Análisis y Elección de Cliente.....	20
4.2 Clasificación de los Productos del Cliente.....	22
4.3 Demanda Insatisfecha.....	23
5 Descripción del Problema.....	25
6 Causas del Problema.....	28
6.1 Diagrama de Pareto	31
7 Consecuencias del problema	30
8 Objetivos.....	32

8.1 Indicadores De Desempeño	33
8.1.1 Pronosticos de Demanda	33
8.1.2 Gestión de Inventario	34
9 Estado del Arte	36
9.1 Introducción.....	36
9.1.1 Modelos de Pronósticos de Demanda.....	36
9.2 Pronósticos por serie de Tiempos.....	37
9.2.1 Modelos clásicos para el análisis de series temporales	38
9.3 Error de pronóstico	42
9.3.1 Error medio porcentual o MAPE.....	43
9.3.2 Error medio cuadrático o MSE.....	43
9.3.3 Desviación media Absoluta o MAD.....	44
9.4 Modelos de administración de Inventarios	44
9.4.1 Modelo de cantidad económica de pedido para un Producto (EOQ)	44
9.4.2 Tamaño de Lotes con Múltiples Productos o Clientes	46
9.4.3 Modelo de Revisión Continua (Q)	47
9.4.4 Modelo de Reaprovisionamiento Periódico (P).....	49
9.4.5 Inventario de Seguridad.....	51
9.4.6 Sistemas de Reabastecimiento Híbrido	53
10 Análisis exploratorio de los Datos.....	55
10.1 Agregación de la Demanda.....	55
10.2 Tendencia.....	56
10.2.1 Curvas de tendencia lineal.....	57
10.3 Estacionalidad.....	64
10.4 Ciclo	70
10.5 Componente Aleatorio (o irregular)	70
11 Demanda Real y Métodos de Pronósticos a Utilizar	70
11.1 Métodos de Pronósticos Medias Móviles Simple	72
11.1.1 Familia de Parkas	72
11.2 Suavización exponencial Simple	73
11.2.1 Análisis de Familia de Parkas.....	74

11.3 Suavización exponencial ajustada a la tendencia: Método de Holt.....	76
11.3.1 Análisis de Familia de Parkas.....	76
11.4 Suavización exponencial ajustada a la tendencia y a la variación estacional: Método de Winters.....	78
11.4.1 Análisis de Familia de Parkas.....	78
11.5 Análisis de Errores para cada Métodos de Pronósticos.....	82
11.6 Selección de Métodos de Pronósticos y Proyecciones por Familia.....	84
11.6.1 Selección Método de Pronósticos Familia Parkas.....	84
11.6.2 Selección Método de Pronóstico Familia Pantalones.....	85
11.6.3 Selección Método de Pronóstico Familia Pullover.....	87
12 Validación de los Errores	89
13 Análisis del Error.....	90
13.1 Validación de aleatoriedad	90
13.1.1 Diagrama de Dispersión	91
13.1.2 Diagrama de Rezago.....	92
13.1.3 Coeficiente de Autocorrelación	93
13.1.4 Prueba de Durbin Watson.....	94
13.2 Validación de la normalidad.....	95
13.3 Validación de Varianza Constante	98
14 Determinación de una técnica adecuada de Pronóstico.....	99
15 Políticas de manejo de Inventario.....	100
15.1 Tamaño de Lotes con Múltiples Productos o Clientes	101
15.2 Políticas de Revisión	105
16 Política de Inventario Revisión Periódica	106
16.1 Desarrollo del Modelo	108
16.2 Obtención de las Variables	111
16.2.1 Obtención L.....	112
16.2.2 Obtención Factor z.....	112
16.3 Ejemplo del Modelo de Política de Inventario para cada Familia.....	113
16.3.1 Familia de Pantalón	115
16.3.2 Familia de Parkas	117

16.3.3 Familia de Pullover.....	119
16.4 Análisis de Sensibilidad.....	121
16.4.1 Resumen Análisis de Sensibilidad.....	123
17 Evaluación de los Métodos Propuesto.....	126
17.1 Pronóstico de la Demanda.....	126
17.2 Evaluación del método de Gestión de Inventario.....	131
17.2.1 Nivel de Inventario propuesto para cada Familia.....	134
18 Indicadores de Desempeño.....	137
18.1 Indicadores de Pronóstico.....	138
18.1.1 Exactitud de Pronóstico.....	138
18.1.2 Nivel de Servicio.....	139
18.1.3 Venta Perdida.....	144
18.2 Indicadores de Inventario.....	146
18.2.1 Valor y Nivel de Inventario.....	146
19 Propuesta de Implantación.....	149
19.1 Criterios Preliminares de la Aplicación del Modelo.....	149
19.1.1 Eliminar Inconsistencia en los Datos.....	149
19.1.2 Fecha Inicial de Ejecución.....	149
19.1.3 Adquisición de un Programa amigable.....	150
19.1.4 Capacitación para el usuario del programa.....	151
19.2 Indicadores de Desempeño Propuestos.....	151
19.2.1 Volumen de compra.....	152
19.2.2 Entregas perfectamente recibidas.....	154
19.2.3 Rotación de Mercancía.....	156
19.2.4 Nivel de cumplimiento en despachos.....	158
19.2.5 Duración del Inventario.....	160
19.2.6 Valor económico del inventario.....	162
19.2.7 Exactitud en Inventarios.....	164
20 Evaluación Financiera y Cualitativa de la Propuesta.....	166
20.1 Evaluación Financiera de la Propuesta.....	166
20.1.1 Costos de Importación.....	166

20.1.2 Costos de Elaboración del Pronóstico	168
20.2 Análisis Cualitativo del Modelo Propuesto	170
21 Conclusión y Recomendaciones	171
22 Bibliografía	175

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Clasificación de los productos que comercializa	4
Tabla 1-2 Diferencia entre costo de producto importado y nacional	6
Tabla 2-1 Detalle de insumos por proveedor nacional	8
Tabla 2-2 Distribución porcentual importadas a Proveedores Internacionales	8
Tabla 2-3 Costo de Transporte	10
Tabla 2-4 Costo de Importación	10
Tabla 3-1 Cantidades de Productos vendidos por Cliente	15
Tabla 3-2 Cantidad de Pedidos Año 2015	16
Tabla 4-1 Clientes con Mayor participación en las Ventas	21
Tabla 4-2 Clasificación de Productos	22
Tabla 4-3 Total de Pedidos Realizados	23
Tabla 4-4 Productos con quiebres de Inventario	24
Tabla 5-1 Tabla comparativa Enx	26
Tabla 5-2 Demanda Insatisfecha por Producto	27
Tabla 5-3 Demanda Insatisfecha por Talla	27
Tabla 6-1 Jerarquización de las causas	29
Tabla 6-2 Jerarquización de las causas	31
Tabla 10-1 Familia de Productos con Demanda Insatisfecha	55
Tabla 10-2 Agregación Demanda por Familia	55
Tabla 10-3 Cuadro resumen de Errores para las tres familias en estudio	56
Tabla 10-4 Registro de demanda con tendencia lineal de Parkas, 2014 a 2016	58
Tabla 10-5 Registro de demanda con tendencia cuadrática de Parkas, 2014 a 2016	61
Tabla 10-7 Índice de estacionalidad mensual	65
Tabla 10-8 Índice de estacionalidad Trimestral	66
Tabla 11-2 Resumen de los errores con Medias Móviles para cada Familia	73
Tabla 11-3 Análisis de alfas y sus errores para Familia Parkas	74
Tabla 11-5 Suavizamiento Exponencial Simple vs Suavizamiento lineal de Holt	77
Tabla 11-6 Resumen de los errores con método Holt para cada Familia	78
Tabla 11-7 Método Holt-Winters, para Familia Parkas	79

Tabla 11-8 Resumen de los errores con Método Holt-Winters para cada Familia.....	82
Tabla 11-9 Análisis de Errores según Métodos de Pronósticos	83
Tabla 11-10 Resumen de Pronósticos Trimestrales y Proyecciones para periodos Futuros, Familia Parkas	85
Tabla 13-1 Análisis de correlaciones de 4 Retrasos.....	93
Tabla 13-2 Prueba de Durbin y Watson	94
Tabla 13-3 Valor p Test Anderson y Darling.....	97
Tabla 15-1 Resultados utilizando modelo EOQ.....	100
Tabla 15-2 Resultados utilizando modelo EOQ Heurístico	104
Tabla 16-1 Coeficientes para Modelo Holt-Winters Mensual.....	114
Tabla 16-2 Variables del Modelo P.....	114
Tabla 16-3 Desagregación por Tallas.....	116
Tabla 16-4 Desagregación por Tallas.....	118
Tabla 16-5 Desagregación por Tallas.....	121
Tabla 16-6 Resumen variables política de Inventario	121
Tabla 16-7 Análisis de Sensibilidad	122
Tabla 17-1 Errores de Predicción Mensual para período de evolución, un semestre.....	127
Tabla 17-2 Orden de Compra Modelo Empresa.....	132
Tabla 17-3 Orden de compra Modelo Propuesto	132
Tabla 17-4 Comparación entre las cantidades a ordenar, del modelo Actuales versus las del Modelo Propuesto, para Octubre 2016.....	133
Tabla 18-1 Exactitud Pronóstico realizado por la Empresa, Año 2015.....	138
Tabla 18-2 Análisis Período 2° Semestre 2016.....	139
Tabla 18-3 Nivel de Servicio de la Empresa para el Año 2015	140
Tabla 18-4 Nivel de Servicio Análisis Período 2° Semestre 2016.....	140
Tabla 18-5 Nivel de Servicio Período 2° Semestre 2016.....	141
Tabla 18-10 Ventas Perdidas de la Empresa para el Año 2015.....	144
Tabla 18-11 Venta Perdida Período 2° Semestre 2016	145
Tabla 18-12 Utilidad Perdida Período 2° Semestre 2016.....	145
Tabla 18-13 Nivel de Inventario histórico vs propuesto	146
Tabla 18-14 Rotación de Inventario de la Empresa año 2015.....	147

Tabla 18-15 Rotación de Inventario Real vs Propuesto	147
Tabla 20-1 Resultados totales de los costos de importación para ambos modelos, marzo a septiembre 2017.....	167
Tabla 20-2 Resultados totales de los costos de importación para ambos modelos, período Junio a Diciembre de 2016	167
Tabla 20-3 Ingresos por Ventas adicionales para ambos modelos, período Junio a Diciembre de 2016	168
Tabla 20-4 Beneficios Totales, período Junio a Diciembre de 2016.....	168
Tabla 20-5 Análisis de los Costos incurridos	169

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Participación de las ventas por clientes	5
Figura 3-1 Diagrama de flujo general.....	13
Figura 3-2 Jerarquización de las Dimensiones según importancia.....	14
Figura 3-3 Cantidad de Importaciones Anuales	17
Figura 4-1 Diagrama de flujo del área de compra	19
Figura 6-1 Diagrama Ishikawa	29
Figura 6-2 Diagrama Causa-Efecto	30
Figura 6-3 Análisis de las Causas según grado de importancia	29
Figura 7-1 Descripción de la problemática y su impacto	31
Figura 10-1 Tendencia lineal para los registros mensuales de la Familia de Parkas.....	57
Figura 10-2 Tendencia Cuadrática de registros mensuales para la Familia de Parkas.....	60
Figura 10-3 Tendencia Cuadrática de registros mensuales para la Familia de Parkas.....	62
Figura 10-4 Índices ajustados mensuales, 2013-2016	66
Figura 10-5 Índices ajustados Trimestral, 2013-2016	67
Figura 10-6 Índices ajustados mensuales Familia Pantalones, 2013-2016	67
Figura 10-7 Índices ajustados trimestral Familia Pantalones, 2013-2016.....	68
Figura 10-8 Índices ajustados Mensual Familia Pantalones, 2013-2016	68
Figura 10-9 Índices ajustados Trimestral Familia Pantalones, 2013-2016	69
Figura 11-1 Promedio Móvil Trimestral Familia Parkas.....	72
Figura 11-2 Suavización Exponencial Lineal Simple para Familia Parkas.....	75
Figura 11-3 Suavización Exponencial Lineal de Holt para Familia Parkas	76
Figura 11-4 Método Holt-Winters para Familia Parkas	81
Figura 11-5 Comparación de los modelos de pronósticos versus demanda Real.....	84
Figura 13-1 Gráfico de Dispersión de Residuos por Familias.....	91
Figura 13-2 Gráfico de Rezago de los Residuos por Familias	92
Figura 13-3 Gráfico Q-Q de los Residuos por Familias.....	95
Figura 13-4 Test Anderson y Darling para cada Familia	97
Figura 13-5 Gráfico de Varianza Constante de los Residuos por Familias.....	98
Figura 16-1 Diagrama línea de tiempo mensual de orden de compra	113

Figura 16-2 Política de Inventario, Revisión Periódica.....	115
Figura 16-3 Política de inventario, Revisión Periódica.....	117
Figura 16-4 Política de inventario, Revisión Periódica.....	119
Figura 17-1 Gráficos nivel inventario histórico vs Modelo propuesto.....	134
Figura 17-2 Gráficos nivel inventario histórico vs Modelo propuesto.....	135
Figura 17-3 Gráficos nivel inventario histórico vs Modelo propuesto.....	136

ANEXOS

Anexo A.....	177
Anexo B.....	179
Anexo C.....	180
Anexo D.....	182
Anexo E.....	184
Anexo F.....	187
Anexo G.....	189
Anexo H.....	191
Anexo I.....	195
Anexo J.....	198
Anexo K.....	201
Anexo L.....	205
Anexo M.....	207
Anexo N.....	208

Introducción

En el escenario competitivo actual, es de suma relevancia que las empresas logren saber qué es lo que sus clientes van a comprar hoy y a futuro para lograr mayores márgenes de utilidad, donde una forma de lograrlo es mediante buenos pronósticos de demanda, lo cual se traduce en compras de productos asertivas, para así saber cuándo y cada cuanto abastecerse de productos, sin caer en quiebres de inventario. Es por esto que tanto los pronósticos de demanda, como la administración de inventario son procesos claves en todas las fases de planificación y control para alcanzar tanto objetivos económicos, como de servicio en la dirección de operaciones. Esta administración mide la cantidad a ordenar y el nivel de existencias de cualquier artículo o recurso utilizado por la organización, determinando los niveles en que deben mantenerse y establece en qué momento y en qué cantidad deben reaprovisionarse.

Mantener inventario tiene un costo monetario importante. Este costo se puede descomponer como el costo financiero o de oportunidad de mantener capital en inventario - sin tener la posibilidad de utilizarlo en otras inversiones alternativas- el costo de bodegaje y el costo de inexistencias cuando se produce un quiebre de inventario, lo que se traduce en ventas perdidas y en un deterioro de la imagen y confiabilidad del cliente hacia la empresa, frecuentemente llamado costo por buena voluntad.

Niveles altos de inventario no necesariamente resultan en un mejor servicio al cliente pero, seguramente, tendrán impacto en las utilidades. Por otra parte, niveles bajos de inventario, particularmente si no se tiene un control eficiente del mismo, pueden resultar en quiebres de inventario, con fuertes repercusiones en el servicio al cliente.

Hay varios trabajos donde se estudia la problemática de saber, con un alto grado certeza, la cantidad futura a demandar por parte de los clientes, y así poder gestionar eficientemente el inventario, donde todos parten desde una base teórica estándar. Por el contrario, las soluciones y los resultados propuestos varían considerablemente debido a que los modelos

de pronósticos y administración de inventario tienen que incorporar restricciones y realidades propias y diferentes de cada empresa.

El problema que aborda este trabajo se refiere a mejorar la calidad de sus pronósticos de demanda, para generar una mejor gestión de los inventarios en los periodos de mayor demanda de productos.

El presente proyecto de Título tuvo como objetivo aportar una respuesta a ese problema, describiendo como mejorar los pronósticos de demanda y caracterizando la toma de decisión en base a su comportamiento histórico. Para ello, se realizó un estudio de demanda, en base a los datos aportados, cuyos resultados fueron estudiados mediante series de tiempo. Para diseñar el estudio, se sugirió determinar primero a su cliente con mayor cantidad de ventas y a seleccionar los productos con mayor cantidad de pedidos perdidos y sus respectivas tallas, los cuales fueron agregados para realizar un pronóstico por familia de productos.

Se demostró que las cantidades pedidas por la empresa eran inferiores a las proyectadas debido a la presencia de estacionalidad de alguno de sus productos; también se detectó que es posible tomar acciones correctivas para pronósticos con un porcentaje importante de error, los cuales serán efectivos si se toman a corto plazo, al ser ésta una variable relevante en la elección, nos permitiría manejar las ventas de productos con un stock suficiente para no caer en quiebres de inventario, y por consiguiente ventas perdidas.

1 Descripción de la Empresa¹

1.1 Historia

BUTKA Ltda es una empresa familiar de confección textil con más de veinte años en el mercado. Nació el 17 de Julio de 1991 como una sociedad de compra, venta y fabricación de artículos deportivos al mando de Rosa Saba Ananías bajo el nombre SERVUS SPORT.

El negocio fue creciendo, hasta que para el año 2000 comienza a importar indumentaria, los cuales eran más económicos y de mejor calidad. Esto impulsó aún más el crecimiento de ella, dado que los productos importados permitieron a la empresa tener un mix de marcas y precios convenientes de acuerdo al mercado nacional. Adicionalmente, se desarrolló una política de mejoramiento del surtido con el objetivo de entregar un buen nivel de servicio al cliente. Así, introdujo a su línea de productos, tales como indumentaria corporativa y de seguridad para las empresas.

Para los años venideros se consolida con proveedores de diverso origen como Brasil, Japón y Nueva Zelanda.

1.2 Actualidad

Su giro principal es la comercialización de indumentaria de seguridad y productos asociados como se ilustra en la Tabla 1-1.

Hoy maneja 400 SKU² sólo en ropa de seguridad, los cuales están agrupados en dos familias las cuales son: Indumentaria Corporativa e Industrial.

¹ Información recolectada de fuentes internas de la empresa y de la página web de la empresa.

² El SKU proviene del acrónimo de Stock Keeping Unit. Es un identificador usado en el comercio para identificar un producto.

Tabla 1-1 Clasificación de los productos que comercializa

INDUMENTARIA	TIPO
Ropa Corporativa: Ropa utilizada por las empresas para vestir y uniformar a todos sus empleados.	Pantalones Camisas Overoles Jardineras Polaras Cortavientos Gorros
Ropa Industrial: Ropa pensada para el uso industrial, principalmente indumentaria de seguridad	Ropa protección arco eléctrico Ropa de protección a agentes ácidos Ropa de protección a agente químico Ropa retardante a la llamas
Confecciones Especiales: La empresa también realiza la fabricación de ropa especial a la medida según los requerimientos de los clientes.	

Fuente: Elaboración propia

BUTKA Ltda se encuentra ubicada en Santa Rosa #9412, comuna de San Ramón, donde se sitúa la fábrica y bodega que en conjunto cuentan con más de 1.200 m² de terreno edificado.

Hoy en día la empresa cubre cerca del 95% de mercado nacional abasteciendo a grandes compañías de Chile, entre sus clientes se encuentran FINNING, ENEX, GTD, BHP , ESCONDIDA y SQM.

Los canales de venta que utiliza principalmente son ventas en salón en su sucursal, ventas telefónicas o por otro medio a distancia como e-mail.

La compañía tiene empresas asociadas, tales como Wellfit de Nueva Zelanda y Ansafe de la República popular China, que en la actualidad son sus principales proveedores. Desde el año 2007 cuenta con la Certificación ISO 9001:2008 en los procesos de las áreas de diseño, comercialización y producción.

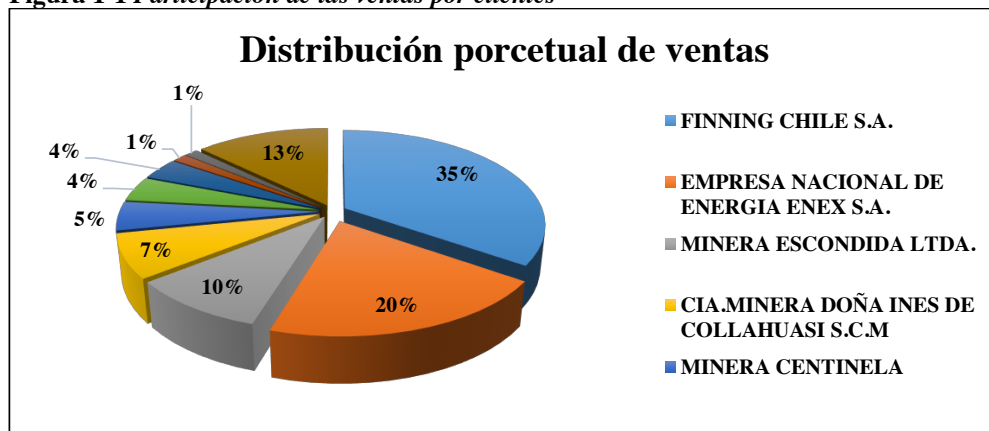
1.3 Volúmenes de venta

BUTKA Ltda tiene un nivel de ingreso anual de aproximadamente \$2.400 MM\$, lo que le da una participación del 23 % aproximadamente, posicionándose como la segunda más grande dentro de este rubro, siendo la primera MARTIN-G.

1.3.1 Ventas por clientes³

La Figura 1-1 muestra la distribución porcentual de las ventas del año 2015. Se observa que lo clientes Finning Chile- Enex tienen la mayor participación de ventas con un 55% aproximadamente.

Figura 1-1 Participación de las ventas por clientes



Fuente: Elaboración propia

³ Información proporcionada por el Gerente Comercial de la empresa

1.4 Costos de Producción⁴

Según datos del Instituto Textil de la Confección en Chile, actualmente hay una reconversión de fabricación neta nacional a importación desde países asiáticos, que hoy representa aproximadamente el 70% del total comercializado. Teniendo en cuenta el total de importaciones procedentes de otros países y la producción nacional, ésta última sólo representa el 10% de las necesidades del mercado. Lo que se traduce a una reducción de costos del orden del 30% a 40%. A continuación se presenta la diferencia tomando como ejemplo un producto común, aleatorio y no sesgado:

Tabla 1-2 Diferencia entre costo de producto importado y nacional

COD.	COSTO IMPORTADO	COSTO NACIONAL	DIFERENCIA	%
326560	\$ 13.842	\$ 19.440	\$ 5.598	40,44

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 1-2 se observa que el costo de un producto importado es un 40% inferior en relación al producir el mismo producto a través confección nacional, por esta razón la empresa ha optado por importar los productos demandados por los clientes con mayor participación de ventas.

1.5 Misión

Ofrecer la máxima seguridad a nuestros clientes, por medio de ropa de calidad testada y aprobada para su uso, la cual permite la resistencia al fuego, ácido y a temperaturas extremas. Disponemos de una cobertura nacional desde Arica a Magallanes donde nuestra principal ventaja es la calidad, agilidad, seriedad y profesionalismo de nuestro servicio.

⁴ Información proporcionada por el Jefe de Planificación de la empresa

1.6 Visión

Ser para el 2020 la mejor fábrica de Ropa de corporativa y de Seguridad de Chile y el Mercosur, a través de un desarrollo armónico de su personal, sus instalaciones y equipamiento, optimizando la rentabilidad del negocio. Para ello buscará alianzas estratégicas con Proveedores y Clientes, para tener un horizonte de mediano plazo que permita Planificar la Producción con la antelación suficiente para encontrar los mejores suplidores en el ámbito internacional y localmente, con precios convenientes. No sólo será líder en calidad sino también en precios.

2 Cadena de abastecimiento

La cadena de abastecimiento es la acción dirigida a garantizar las actividades de diseño y dirección de los flujos material, informativo y financiero, desde sus fuentes de origen hasta sus destinos finales, que deben ejecutarse de forma racional y coordinada con el objetivo de proveer al cliente los productos y servicios en la cantidad, calidad, plazos y lugar demandados con elevada competitividad y garantizando la preservación del medio ambiente (M.I. Gómez Acosta, J.A. Acevedo Suárez⁵).

Para comprender el funcionamiento de la cadena de abastecimiento de la empresa BUTKA Ltda se describen los actores principales que la conforman, entre ellos los proveedores, transporte y venta.

2.1 Proveedores

La empresa posee proveedores nacionales e internacionales. Los principales proveedores nacionales son los indicados en la Tabla 2-1 quienes tienen bodegas ubicadas en la Región Metropolitana. Los pedidos para los proveedores nacionales sólo se realizan cuando en

⁵ Extracto del libro “*La Logística Moderna en la Empresa. Volumen I, 2007.*”

bodega no hay suficiente producto para satisfacer la demanda generando un pedido de emergencia.

Tabla 2-1 Detalle de insumos por proveedor nacional

INSUMOS	TELAS	CIERRES	HILOS	OTROS INSUMOS
PROVEEDORES	Fulltex	Nagle	La moda	Jusocar
	Sergotex	Maritex	Saieg y Cia.	La moda
	Di-liro	Donne Baum	Tierra Santa	
	Eurotex	Zalaquett		

Fuente: Elaboración propia

Los proveedores internacionales son WellFit (Nueva Zelanda) y Shanghai Ansafe International (China), quienes cuentan con presencia mundial, realizando el diseño, fabricación y distribución de los productos. Sus alcances van desde indumentaria corporativa a la de seguridad, para esto poseen un equipo de investigación y desarrollo alcanzando estándares internacionales reconocidos.

Para el 2016 BUTKA Ltda importa cerca de 180.000 unidades de productos anuales en promedio, abasteciéndose mayoritariamente por Shanghai Ansafe International equivalente a un 81% del total de los productos (Ver Tabla 2-2), mientras que los restantes son comprados a Wellfit. Ambos tienen tiempos de entrega promedio de tres meses, incluido el transporte.

Tabla 2-2 Distribución porcentual importadas a Proveedores Internacionales

PROVEEDOR	MM\$	%
Wellfit	331,25	19%
Ansafe	1372,76	81%

Fuente: Elaboración propia

2.2 Transporte

Para proveedores nacionales, la empresa utiliza sus camiones para transportar la mercadería desde la bodega del proveedor a la de la empresa.

Para proveedores internacionales el transporte de la mercancía es negociado bajo el incoterm CFR (Cost and Freight⁶), en donde el proveedor internacional demora tres meses en la fabricación de todos los productos, despachándolos desde la fábrica hasta el puerto de Shanghai, luego ocurre la operación de embarque vía marítima a través de container.

La cláusula de compra convenida obliga al proveedor a:

- Reservar espacios en la compañía naviera y pagar el flete.
- Realizar el despacho aduanero para la exportación.
- Entregar los bienes y cargarlos.

El tiempo de despacho y transporte ocurre dentro de 30 días, hasta llegar el barco al puerto de San Antonio, al llegar la mercancía al puerto nacional se efectúa la Tramitación aduanera realizada por un agente de aduana, posteriormente se procede al retiro de mercancías las que viajan a la comuna de La Granja, siendo responsabilidad del Comprador a:

- Pagar los gastos de seguro de los bienes.
- Realizar todos los trámites de importación.
- Descargar los bienes en su lugar de destino.

⁶ Las siglas CFR (acrónimo del término en inglés *Cost and Freight*, «Coste y flete, puerto de destino convenido») se refieren a un incoterm o término de comercio internacional que se utiliza en las operaciones de compraventa, en que el transporte de la mercancía se realiza por barco, tanto por vía marítima como por vías de navegación interior. Se debe utilizar siempre seguido de un puerto de destino.

Los costos de distribución asociados al transporte de la carga desde que llega al puerto hasta su recepción en la bodega de la fábrica son los siguientes:

Tabla 2-3 Costo de Transporte

DESCRIPCIÓN	USD
Costo de Transporte Vía-Terrestre y des consolidado (Puerto local -Fábrica)	1.000

Fuente: Elaboración propia

2.2.1 Costos de Importación⁷

Para que la mercancía pueda ser comercializada dentro del territorio nacional, se deben cumplir los requerimientos gubernamentales del proceso de nacionalización, detallándose en la siguiente Tabla 2-4.

Tabla 2-4 Costo de Importación

DESCRIPCIÓN	COSTOS %	COSTOS 2015
Seguro de transporte de carga (Shanghái-San Antonio)	0,25% de valor FOB	\$ 4.260.000
Gasto de Aduana	0,30% de valor FOB	\$ 5.112.000
derecho aduana	6%	N/A*
I.V.A**	19%	\$ 323.760.000
TOTAL TRIBUTOS ADUANEROS	\$ 328.872.000	
TOTAL A PAGAR POR INTERNACIÓN	\$333.132.000	

*Los productos importados presentan certificado de origen al momento de la internación lo que provoca la abstención del cobro del 6% en materia de importación. En base a 1.704mm\$ importados

**El IVA cobrado al momento de importar no necesariamente es parte del costo de Importación, debido a que se recupera una vez realizada la venta

2.3 Puntos de venta

BUTKA Ltda cuenta con ventas en salón en su sucursal que corresponde a la fábrica, venta por catálogo, ventas telefónicas u otros medios como e-mail, despachándolos desde este centro al cliente final.

⁷ Información proporcionada por el Gerente Comercial

3 Descripción general de procesos

A continuación se describen los principales procesos de la cadena de abastecimiento de productos terminados (Ver Figura 3-1), para posteriormente seleccionar el proceso a estudiar mediante distintas dimensiones.

3.1 Proceso de Compra

El proceso comienza consultar el ERP, donde en caso de presentar un nivel bajo inventario se procede a comprar productos importados, posteriormente se cotizan los proveedores y la calidad que ofrecen. Una vez escogido el proveedor se procede a abrir una carta de crédito en el banco para pagar el 20% del total de la compra, el proveedor comienza el proceso de fabricación demorando alrededor de 3 meses. Se procede a enviar los productos al puerto de Shanghai, donde son despachados hasta el puerto de Valparaíso, proceso que tarda alrededor de 30 días desde su embarque en Shanghai hasta el arribo al puerto nacional.

3.2 Proceso de Fabricación

La empresa se abastece localmente sólo cuando no puede esperar la próxima importación, cubriendo la demanda insatisfecha generando pedidos de emergencia al área de Fabricación Nacional.

El proceso de confección comienza con la orden de pedido la que especifica qué productos se deben confeccionar y en qué cantidad, luego se verifica que todos los insumos se encuentren disponibles en bodega de materia prima, en caso contrario se realiza compra a proveedor nacional. Posteriormente el encargado de planificación de la producción emite la orden de Corte, para comenzar a confeccionar los productos, continuando con el proceso de armado de piezas y acabo de la indumentaria.

Finalizada la confección pasa al área de control de calidad, donde mediante un riguroso procedimiento se analiza los estándares, donde si cumplen con todos los requerimientos se

procede a almacenar en bodega, en caso de identificar no conformidades se regresan las prendas al proceso de armado.

3.3 Proceso de Venta

El área comercial es la responsable de recibir las órdenes de los clientes, posteriormente pasa al jefe de bodega el cual recibe la "Orden de Pedido" para recolectar los productos solicitados.

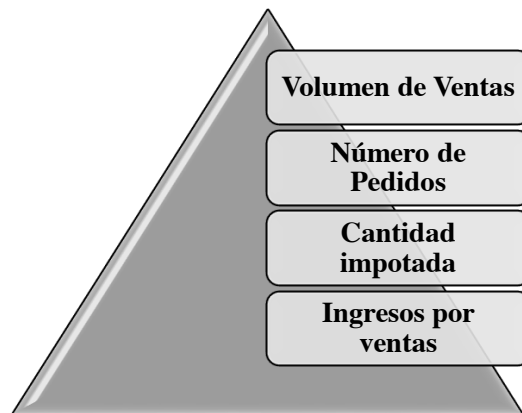
En caso de no disponer de todos los productos de la "Orden de Pedido" se informa al gerente comercial para que genere una orden de emergencia con los productos faltantes y los mande a confeccionar, se informa al cliente sobre la demanda insatisfecha, quien decide si acepta la cantidad disponible y despacho a posterior de los productos faltantes o rechaza el pedido total.

3.4 Dimensiones para la elección de proceso

Para la elección del proceso de estudio se analizará a través de cuatro dimensiones las cuales se obtuvieron por medio de entrevistas a experto (Jefes del área comercial, logística y operación). Permitiendo levantar la situación actual, lo que clarifica más la elección del Proceso al tener dimensiones jerarquizadas (Ver Anexo A para detalles de la encuesta y resumen de los resultados).

A continuación, se muestra la Figura 3-2 las dimensiones jerarquizadas en orden descendiente.

Figura 3-2 Jerarquización de las Dimensiones según importancia



Fuente: Elaboración propia

3.4.1 Análisis de Dimensiones

3.4.1.1 Volumen de Ventas por cliente

La cantidad total de productos vendidos dentro de un marco temporal de 12 meses, se ilustra en la Tabla 3-1, en donde estas unidades vendidas son consideradas por el área de compra para el proceso de abastecimiento de producto importado.

Tabla 3-1 Cantidades de Productos vendidos por Cliente

CLIENTE	UNIDADES VENDIDAS
Enex	40.780
Finning	984.440
AES Gener	8.800
HighService	6.186
BHP	1.284
Otros	688
TOTAL	156.177

Fuente: Elaboración propia

Se observa que los clientes Finning Chile y Enex tienen la mayor participación de ventas con un 80%.

3.4.1.2 Número de Pedidos

El área de compras recibe en total 2.136 pedidos de pedidos anuales, cada uno con 78 productos promedio. En el siguiente cuadro se muestran la cantidad de solicitudes recibidas en los últimos 12 meses.

Tabla 3-2 Cantidad de Pedidos Año 2015

AÑO	CANTIDAD DE PEDIDOS	PRODUCTOS TOTAL	PROM. ITEM/PEDIDO
Enero	124	11.717	94
Febrero	117	11.233	96
Marzo	131	15.592	119
Abril	267	12.757	48
Mayo	177	25.982	147
Junio	258	12.796	50
Julio	231	15.092	65
Agosto	245	15.368	63
Septiembre	213	18.220	86
Octubre	161	18.461	115
Noviembre	132	5.507	42
Diciembre	80	4.301	54
PROMEDIO	2.136	167.026	78

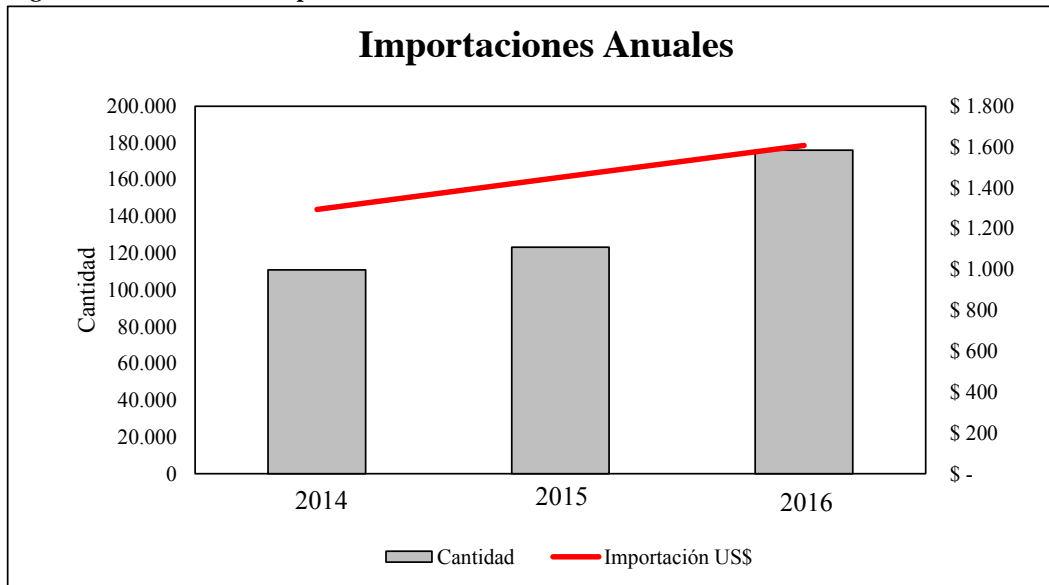
Fuente: Elaboración propia

3.4.1.3 Cantidad importada

Debido a la marcada tendencia a la disminución en la producción nacional en el rubro de la confección, la empresa busca combinar importaciones con fabricación nacional permitiendo la reducción de costos y el aumento de las utilidades.

En la tabla Figura 3-3 se explicita que a partir del año 2014 empiezan intensivamente a importar productos terminados, logrando crecer un 37% total en la cantidad importada con respecto al año 2016. Los productos importados corresponden al overol de fibra sintética, parka de hombre, conjunto camisa-pantalón, parka de fibra sintética, donde se tiene para el año 2016 un total importado de US\$ 1.500.000.

Figura 3-3 Cantidad de Importaciones Anuales



Fuente: Elaboración propia

3.4.1.4 Ingreso por Ventas

BUTKA Ltda inicia sus operaciones con la fabricación de indumentaria de seguridad y para luego migrar a la importación de esta, teniendo una buena aceptación en el mercado nacional. Los volúmenes de venta en el 2015 alcanzaron \$ 2.470.000.000. A continuación se detallan los ingresos obtenidos por clientes.

Tabla 3-3 Ingresos por Clientes

CLIENTE	INGRESOS POR VENTAS [\$]
Enex	524.779.824
High-Service	246.277.744
Finning	913.964.862
BHP	71.821.200
Arcadis	26.388.170
Otros	686.768.200
TOTAL	2.470.000.000

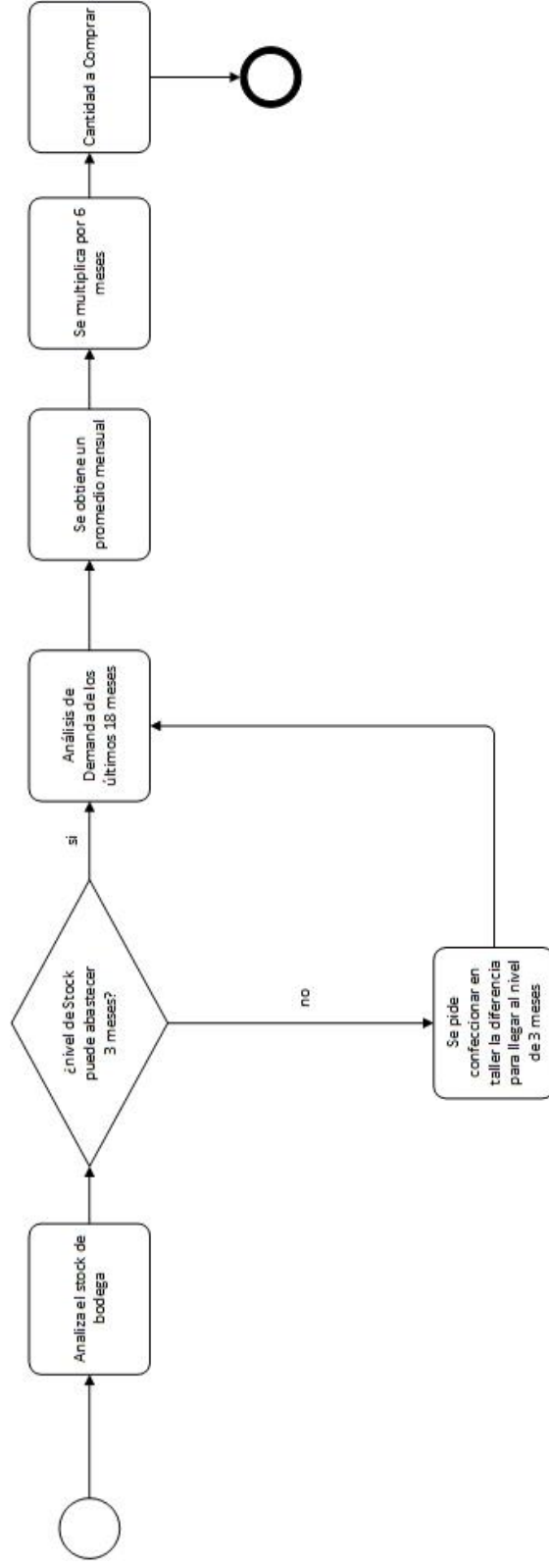
Fuente: Elaboración propia

4 Descripción del proceso de Compras

Se realizó un diagnóstico de las dimensiones que permitieron determinar el Proceso de Compras como caso de estudio, descartando el de Fabricación y Ventas. La elección se fundamenta en que Área de Compras es la encargada del aprovisionamiento de productos importados, considerando la dimensión volúmenes de ventas como fuente importante a la hora de definir las cantidades de producto a comprar para el año venidero, ya que no cuenta con estimaciones por parte del cliente, además este proceso garantiza la operatividad de BUTKA Ltda. A continuación se describe este proceso (Ver Figura 4-1).

El procedimiento utilizado para realizar las compras en BUTKA Ltda no está estandarizado y depende únicamente de una persona perteneciente al área comercial. Entonces para determinar la cantidad necesaria de productos a comprar se lleva a cabo lo siguiente: el analista de compras revisa el inventario en el ERP, si la cantidad en Inventario es menor a la cantidad para satisfacer 3 meses de demanda, se realiza una Orden de Producción de emergencia para dar abasto con la cantidad faltante, en caso contrario se procede a calcular un promedio simple de los consumos de los últimos 18 meses. Luego de obtener la cantidad promedio que demanda el cliente por artículo y por talla, se procede a multiplicar por la cantidad de periodos que se desea abastecer, según el encargado de compras generalmente se cubre un semestre, además de aplica un porcentaje de seguridad, que dependerá de la temporada en que se encuentre y experiencia del comprador, es decir si es en la primera mitad del año se agrega un 10% y para la segunda mitad un 20% ya que según el encargado de compras es en este último período donde aumenta la demanda. Finalmente se obtiene la cantidad a comprar de producto importado.

Figura 4-1 Diagrama de flujo del área de compra



4.1 Análisis y Elección de Cliente

Para la elección del Cliente en estudio se consideran las cuatro dimensiones del apartado 3.4.1.

Los clientes de mayor participación en las ventas son Finning y Enex, quienes reportan cerca de un 55% del total de las ventas evaluadas en 1.500.MM \$ anuales. Otro factor a considerar para la selección del cliente en estudio es el número de pedidos que ordenan que tiene directa relación con el régimen de compra que utilizan.

Cliente Finning: Realiza compras denominadas "Masivas", las que son efectuadas semestralmente. La característica principal de estas compras es que son en base a estimaciones previas (método Pull⁸). Los pedidos son cargados en el sistema en los meses de Octubre y Noviembre, para ser despachados en transcurso de cuatro meses, este plazo le permite a la empresa abastecerse de producto importados sin tener que recurrir a la fabricación nacional.

Cliente Enex: Realiza compras denominadas "Spot" las que son efectuadas sin una estimación previa. La característica principal de estas compras es que son realizadas con una frecuencia aproximada de 3 pedidos por día, impidiendo al área de compras abastecerse de producto importado para satisfacer tal demanda, recurriendo a la fabricación nacional las que tienen un promedio de fabricación de 3 a 4 semanas. A continuación en la Tabla 4-2 se explicita un cuadro resumen de los clientes mencionados.

⁸ Método Pull ó contra-pedido comienza con el pedido del cliente. Con esta estrategia, las empresas sólo tienen suficiente producto para cumplir con los pedidos del cliente.

Tabla 4-1 Clientes con Mayor participación en las Ventas.

DESCRIPCIÓN	CUADRO COMPARATIVO	
	CLIENTE ENEX	CLIENTE FINNING
Método de Abastecimiento	Importación	Importación
Método de Compras	Spot	Masiva
Productos Vendidos por Año	40.780 productos	98.440 productos
Número de Pedidos Anuales	967	120
Porcentaje del Total de Pedidos por Año	45,3%	5,6%
Promedio de Productos por Pedido	42	820

Fuente: Elaboración Propia

Con la finalidad de tener otra fuente para avalar la selección del cliente a estudiar, se realizó una entrevista al encargado de compras (Ver Anexo B), quien mediante ponderaciones clasificó los principales problemas expuestos en la entrevista a los clientes de la empresa.

De los resultados se concluyó que el 36% de las problemáticas expuestas están asociadas al Cliente Enex, ya que el foco central es la incertidumbre al predecir su demanda, tomando en cuenta la frecuencia con que realiza pedidos es de 967 pedidos anuales y pocos productos por pedidos generando demandas insatisfechas del orden del 7%, a diferencia del Cliente Finning, que su frecuencia es de 120 pedidos anuales y se cuenta con estimaciones previas para responder a su demanda en un 100%.

Lo descrito anteriormente fundamenta la elección del Cliente Enex, en base las dimensiones volumen de ventas, frecuencia de pedidos y entrevista al encargado de compras. Para un mayor análisis en el apartado siguiente se realiza la elección de los productos de mayor demanda por el Cliente seleccionado.

4.2 Clasificación de los Productos del Cliente en estudio

Una vez definido el cliente para el estudio se procede a identificar los productos bajo algún criterio de clasificación que sean dominantes por sobre los demás.

Con miras a la disminución de la cantidad de productos propuestos para su análisis se realiza una selección con el método de Análisis ABC bajo el criterio de decisión volumen de ventas (Ver Anexo A). Este método de clasificación de los productos de la empresa se considera el que mejor se ajusta a la concepción y significado del Pronóstico de Ventas que requiere la empresa, ya que éste es considerado como la piedra angular para la toma de decisiones de la mayoría de las áreas de la empresa.

Por lo tanto, para llevar a cabo el Análisis ABC se adoptó como criterio de clasificación el Nivel de Ventas de cada Producto con la finalidad de determinar el 20% de los productos que reportan el 80% de los ingresos, dentro de los 14 productos que hoy en día maneja la empresa de estudio para el cliente Enex (Ver Anexo C).

Como resultado de la aplicación del Análisis ABC, se identificó que tres de los 14 productos son de tipo A, ya que generan el 74% de las ventas anuales siendo su participación en los ingresos por venta, cercanos a 400 MM\$. (Ver Tabla 4-4).

Tabla 4-2 Clasificación de Productos

DESCRIPCIÓN	P x C	%	% ACUMULADO	CLASE
PARKA TERMICA SHELL V-POWER	195.534.000	37%	37%	Clase A
PANTALON V-POWER SHELL	106.380.000	20%	57%	Clase A
PULLOVER V-POWER D.3228 SHELL	93.126.300	18%	75%	Clase A

Fuente: Elaboración Propia

4.3 Demanda Insatisfecha

Una evidencia de los graves problemas que tiene BUTKA Ltda en la actualidad es la demanda insatisfecha. Diariamente ingresan al sistema las órdenes de compra de los clientes para proceder con la facturación. El sistema no permite facturar aquella mercancía que no esté disponible para la venta en la bodega correspondiente. Dicha mercancía es la que se registra en el indicador de demanda insatisfecha. De esta forma, el indicador de demanda insatisfecha, solo tiene en cuenta aquella mercancía que por razones propias de la cadena de suministros, no se encontró disponible en el momento que el cliente la solicitó, convirtiéndose en una venta perdida la cual es generada por los quiebres de Inventario.

Con respecto a la cantidad total de pedidos para el 2015 correspondientes a 967 sólo se logró despachar el 57% en su totalidad, tal como se muestra en la Tabla 4-3.

Tabla 4-3 Total de Pedidos Realizados

PEDIDO	CANTIDAD	%
Pedidos Incompleto Despachados	419	43%
Pedidos Completos Despachados	548	57%
TOTAL DE PEDIDOS DESPACHADOS	967	100%

Fuente: Elaboración Propia

Por no poseer los productos en bodega, cerca del 40% de pedidos quedó insatisfechos, correspondientes a 3000 productos, equivalente a pérdidas de ingresos por ventas de \$71 MM\$. Los productos con mayor demanda insatisfecha se presentan en la siguiente Tabla 4-4.

Tabla 4-4 Productos con quiebres de Inventario

PRODUCTO FALTANTES	D.I⁹	PRECIO VENTAS	VENTAS PERDIDAS(\$)
PANTALON V-POWER SHELL D.3104	301	10.800 \$	3.250.800
PARKA TERMICA SHELL V-POWER	1051	45.900 \$	48.240.900
PULLOVER V-POWER D.3228 SHELL	1201	15.900 \$	19.095.900
TOTAL			70.587.600

Fuente: Elaboración Propia

Tal como se mostró en la tabla anterior fueron cinco los artículos que presentan problemas de quiebres de Inventario, donde de estos, tres aparecen según la curva ABC como productos clase A, los cuales se debe tener mayor control por su nivel de demanda y precio.

⁹ D.I: Abreviatura de Demanda Insatisfecha

5 Descripción del Problema

El problema se centra en el área comercial de BUTKA Ltda relacionado con método de pronóstico que actualmente utiliza, específicamente en la compra de productos importados.

El proceso del Pronóstico de compra es un subproceso elemental ya que marca la pauta para la operación y el ritmo del resto de los procesos de la empresa. De ahí la importancia de que éste sea certero puesto que el impacto de su ineficiencia se puede ver reflejada en costos para la organización, que van desde la compra excesiva de producto importado hasta la pérdida de la lealtad del cliente al no contar con productos en el momento que éste lo solicita.

El cálculo del pronóstico se realiza a través de un promedio simple generado en una hoja de cálculo de Excel, éste no se encuentra fundamentado en alguna metodología documentada ya que fue diseñado de acuerdo a las necesidades que surgieron dentro de la organización a través del tiempo. Asimismo, es necesario resaltar que el modelo de cálculo no ha sido sometido a una revisión general para evaluar si es adecuado para el tipo de productos que maneja la empresa y el comportamiento de la demanda.

Actualmente se generan el principal problema en la calidad del pronóstico que la empresa actualmente realiza, las cuales se traducen las diferencias presentadas entre la cantidad propuesta a vender y la cantidad vendida, donde actualmente el pronóstico subestima unidades.

Esta variabilidad en el pronóstico genera pérdida de imagen al no satisfacer todos los pedidos, y pérdida de utilidad al no poseer un Inventario de seguridad adecuado ocasionando la pérdida de la venta debido al tiempo de demora en la importación.

El estudio contempló recopilar, clasificar y analizar los datos del Proceso de Compra realizados para la selección del cliente Enx y los productos que demanda, cabe destacar que esta consideración se basa en el volumen de ventas, que afecta significativamente en el

Proceso de Compra de producto importado. Además, la particularidad de este cliente es la alta frecuencia con la que realiza compras pero con pedidos de pocas unidades semanalmente, lo cual se diferencia al resto de los clientes los cuales realizan pedidos con 4 meses de anticipación, lo citado anteriormente impide al área comercial tener certeza de cuánto y cuando comprar de producto importado para satisfacer al cliente en un 100%, además que no poseen un método efectivo de pronóstico.

La Tabla 5-1 muestra un resumen de los datos a nivel empresa y cliente Enex, ya que este último fue el seleccionado bajo la principal dimensión del volumen de ventas para el estudio posterior.

Tabla 5-1 Tabla comparativa Enex

	EMPRESA	ENEX	(%)
Volumen de ventas [Unidades]	156.177	40.780	26%
Cantidad de Pedidos anual	2.136	967	45,3%
Promedio de productos por cada pedido	78	42	53,8%
Cantidad producto Importado [Unidades]	123.000	38.000	31,7%
Ingresos por Ventas [MM\$]	2.470	524	21%

Fuente: Elaboración Propia

Del objeto de estudio analizado anteriormente y bajo el criterio de las dimensiones citadas, en la Tabla 5-2 se muestra un resumen de los productos de mayor consumo y las cantidades que no se lograron despachar en un 100% para Enex. Considerando que para el 2015 la demanda real fue de 43.832 productos y donde sólo se logró responder con 40.780 unidades de indumentaria, generando un 7%, de demanda insatisfecha lo que se traduce en pérdidas por producto no vendido cercanos a 71 MM\$. Del pedido total los productos con mayor demanda están detallados en la Tabla 5-3.

Tabla 5-2 Demanda Insatisfecha por Producto

TALLA	PANTALÓN			PARKA			PULLOVER		
	Ventas	D.I	D.I %	Ventas	D.I	D.I %	Ventas	D.I	D.I %
Volumen de ventas [Unidades]	9.850	301	3%	4.260	1.051	25%	5.857	1.201	21%
Ingresos Ventas (\$)	106.380.000			195.534.000			93.126.300		

Fuente: Elaboración Propia

Se observa que los Ingresos por Venta provienen de la Parka que a su vez es la posee mayor demanda insatisfecha con un 20% lo sigue el Pullover y finalmente el Pantalón.

Finalmente se desglosan los productos por las tallas de mayor demanda, observando que las Tallas L-M son los más consumidos por Enex.

Tabla 5-3 Demanda Insatisfecha por Talla

Talla	PANTALÓN			PARKA			PULLOVER		
	Despachos	D.I	%	Demanda	D.I	%	Demanda	D.I	%
L	2989	78	3%	1417	428	23%	1994	378	16%
M	3209	61	2%	1372	361	21%	1938	470	20%
S	1275	21	2%	506	80	14%	760	76	9%
XL	1429	11	1%	686	145	17%	893	50	5%
XS	192	0	0%	88	0	0%	118	2	2%
XXL	451	13	3%	177	3	2%	282	10	3%
XXS	46	0	0%	13	0	0%	27	0	0%
XXXL	170	29	15%	66	3	4%	137	0	0%

Fuente: Elaboración Propia

La baja calidad en el pronóstico ha ocasionado faltante de producto para la venta o exceso de inventario en bodegas; por esto se desea identificar y analizar las variables y métodos utilizados para la elaboración de pronósticos con el fin de encontrar cuales afecten al proceso e identificar posibles mejoras.

6 Causas del Problema

Metodología Ishikawa es una técnica eficaz para el análisis de las diferentes causas que ocasionan en problema identificado. Su ventaja consiste en el poder visualizar las diferentes cadenas causa y efecto, que pueden estar presentes en un problema, facilitando los estudios posteriores de evaluación del grado de aporte de cada una de las causas.

Para efectuar el diagnóstico del problema se identifican las causas primarias relacionadas a una falta de planificación en la demanda donde se consideraron:

Causas debidas a la materia prima: Causas que generen el problema desde el punto de vista de los productos importados Por ejemplo: causas debidas a los volúmenes de compra, Inventario en bodega etc.

Causas debidas a los equipos: Causas relacionadas con el software, herramientas empleadas que actualmente utilizan para realizar los pronósticos de demandas.

Causas debidas al método: Se registran en esta espina las causas relacionadas con la forma que el área de compra opera para determinar la cantidad de producto importado mediante la utilización de un pronóstico de la demanda simple.

Causas debidas a mano de obra: En este grupo se incluyen los factores que pueden generar el problema desde el punto de vista del factor humano. Como la falta de experiencia laboral, motivación, grado de entrenamiento, salario, estado de ánimo.

En la siguiente Tabla 6-1 se clasifican las causas validadas por el encargado de compras de productos importados según los parámetros del diagrama de Ishikawa.

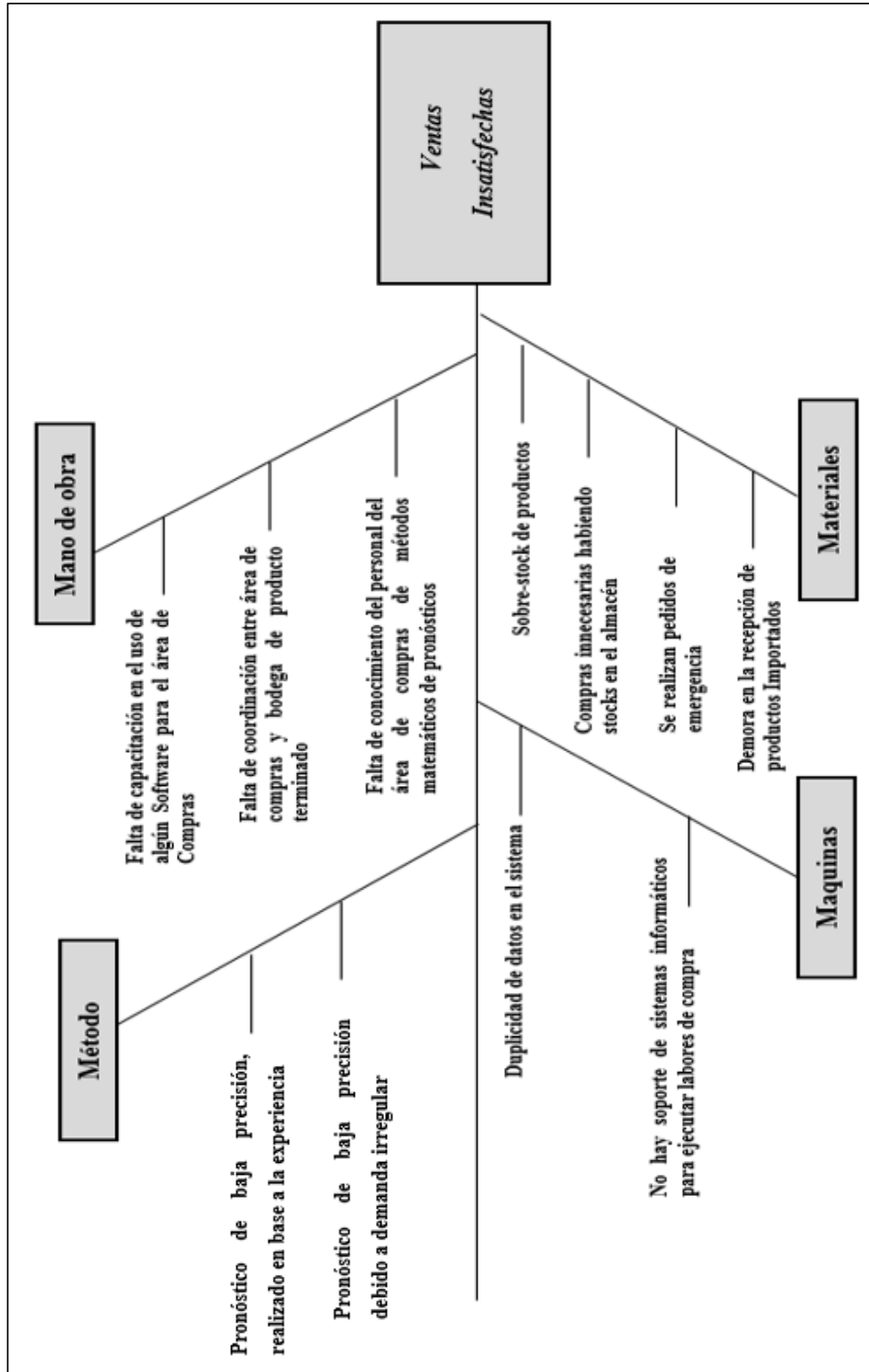
Tabla 6-1 Jerarquización de las causas

Clasificación	Causa	Frecuencia	Frecuencia Relativa
Método	Limitado conocimiento de métodos de pronósticos por parte del personal del área de compras	15	19%
	Pronóstico de baja precisión, realizado en base a la experiencia	15	19%
Materiales	Compras innecesarias habiendo Inventario en el almacén	4	5%
	Se realizan pedidos de emergencia	5	6%
	Sobre-Inventario de productos	4	5%
	Demora en la recepción de productos Importados	5	6%
Máquinas	Duplicidad de datos en el sistema	5	6%
	No hay soporte de sistemas informáticos para ejecutar labores de compra	6	7%
Mano de obra	Pronóstico de baja precisión debido a demanda irregular	15	19%
	Falta de capacitación en el uso de algún Software para el área de Compras	4	5%
	Falta de coordinación entre área de compras y bodega de producto terminado	3	4%
Total		81	100%

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, en la Figura siguiente se clasifican las causas establecidas un diagrama de Ishikawa en donde las derivadas del ítem Método son las que poseen mayor ponderación.

Figura 6-2 Diagrama Causa-Efecto



6.1 Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una herramienta de análisis que ayuda a tomar decisiones en función de prioridades, el diagrama se basa en el principio enunciado por Vilfredo Pareto que dice:

"El 80% de los problemas se pueden solucionar si se eliminan el 20% de las causas que los originan".

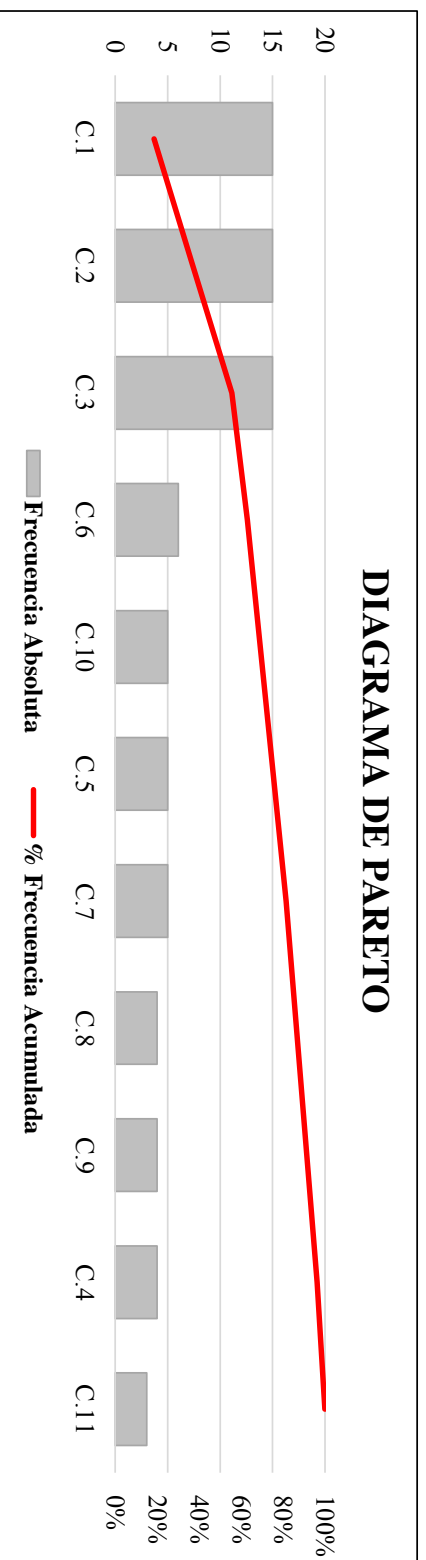
A continuación, en la Tabla 6-2 se jerarquizan las causas principales obtenidas de la encuesta (Ver Anexo D) para lo cual se utilizó el diagrama de Pareto, y luego en la Figura 6-3 se aprecia el gráfico con las pertinentes causas identificadas respecto a la jerarquización

Tabla 6-2 Jerarquización de las causas

CAUSAS	FRECUENCIA	FRECUENCIA ACUMULADA	FRECUENCIA RELATIVA (%)	FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA (%)
Limitado conocimiento de métodos de pronósticos por parte del personal del área de compras	15	15	19%	19%
Pronóstico de baja precisión , realizado en base a la experiencia	15	30	19%	37%
Pronóstico de baja precisión debido a demanda irregular	15	45	19%	56%
No hay soporte de sistemas informáticos para ejecutar labores de compra	6	51	7%	63%
Demora en la recepción de productos Importados	5	56	6%	69%
Duplicidad de datos en el sistema	5	61	6%	75%
Se realizan pedidos de emergencia	5	66	6%	81%
Sobre-Inventario de productos	4	70	5%	86%
Falta de capacitación en el uso de algún Software para el área de Compras	4	74	5%	91%
Compras innecesarias habiendo Inventario en el almacén	4	78	5%	96%
Falta de coordinación entre área de compras y bodega de producto terminado	3	81	4%	100%
Total	81	81	100%	100%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 6-3 Análisis de las Causas según grado de importancia



Fuente: Elaboración Propia

CAUSAS	
C1	Limitado conocimiento de métodos de pronósticos por parte del personal del área de compras
C2	Pronóstico de baja precisión, realizado en base a la experiencia
C3	Pronóstico de baja precisión debido a demanda irregular
C4	Compras innecesarias habiendo Inventario en el almacén
C5	Duplicidad de datos en el sistema
C6	No hay soporte de sistemas informáticos para ejecutar labores de compra
C8	Se realizan pedidos de emergencia
C9	Sobre-Inventario de productos
C10	Falta de capacitación en el uso de algún Software para el área de Compras
C11	Demora en la recepción de productos Importados

Fuente: Elaboración Propia

Tal como muestra la Figura 6-3, existen 5 causas que representan el 20% del total de causas, reportando el 80% de los problemas existente en la empresa, para ello se procederá únicamente a resolver las 3 causales con mayor ponderación, tal como se detalla a continuación:

- Limitado conocimiento de métodos de pronósticos por parte del personal del área de compras
- Pronóstico de baja precisión, realizado en base a la experiencia
- Pronóstico de baja precisión debido a demanda irregular

Estas causales serán desarrolladas en el apartado posterior (Ver Figura 7-1).

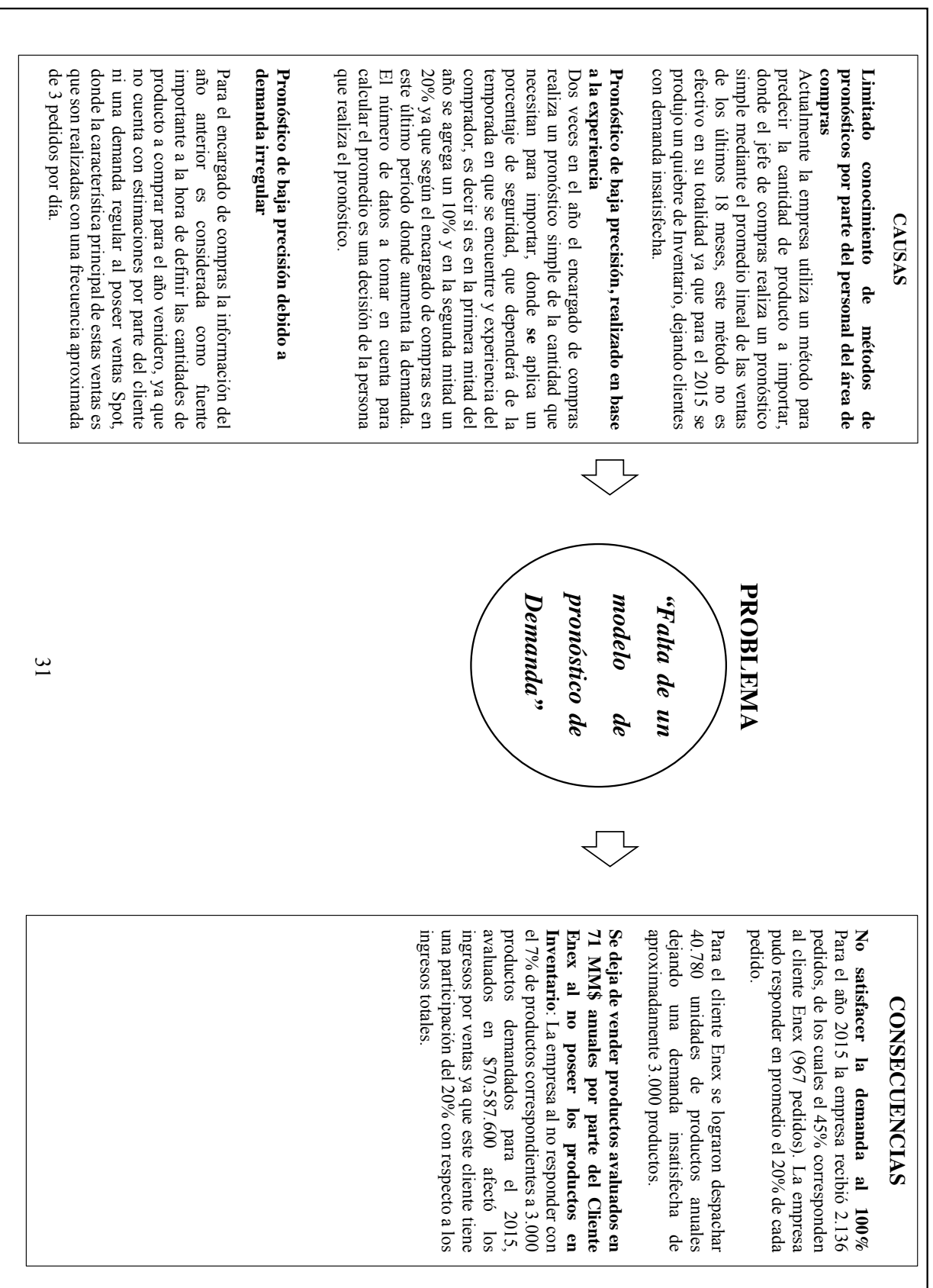
7 Consecuencias del problema

Para identificar las consecuencias provocadas por el problema se realizó una entrevista al jefe de departamento de compras, el cual determinó que las más relevantes son las siguientes:

- No satisfacer la demanda de pedidos al 100%
- Se deja de vender productos avaluados en 71 MM\$ anuales por parte del Cliente Enex al no poseer los productos en Inventario

A continuación, en la siguiente figura se muestra la gráfica resumen del problema las causas y sus consecuencias.

Figura 7-1 Descripción de la problemática y su impacto



8 Objetivos

Objetivo General

Desarrollar un modelo de pronóstico y gestión de inventario que permita disminuir la demanda insatisfecha.

Objetivos Específicos

- Desarrollar un sistema que ayude a la empresa a estimar la demanda utilizando información histórica, que sea capaz de incluir la tendencia y estacionalidad de las ventas.
- Diseñar políticas de Inventario que ayuden a determinar la cantidad a ordenar y la frecuencia de compra, que internalice las restricciones propias de la empresa.

8.1 Indicadores De Desempeño

8.1.1 Pronosticos de Demanda

8.1.1.1 Exactitud de Pronóstico (Fill Rate)

Descripción

El Fill Rate es la medida que indica con qué exactitud se cubren los pedidos. Es importante debido a que el cliente siempre espera que le entreguen todo lo ordenado (100% de Fill Rate).

Fórmula

$$\text{EXACTITUD} = \frac{\text{DDA. PROYECTADA} - \text{DDA. REAL}}{\text{DDA. REAL}} * 100 [\%]$$

8.1.1.2 Nivel de Servicio

Descripción

Consiste en conocer el nivel de efectividad de los despachos de mercancías a los clientes en cuanto a los pedidos enviados en un período determinado. La definición con la que se realizará este trabajo es la que considera la probabilidad de que todos los pedidos sean satisfechos es decir la proporción de órdenes despachadas con respecto a las unidades pedidas, es decir que muestra la confiabilidad de las empresas. “Porcentaje de la demanda de unidades que se satisface con material almacenado”

Fórmula

$$\text{N. S.} = \frac{\text{UNIDADES DESPACHADAS}}{\text{UNIDADES PEDIDAS}} * 100 [\%]$$

8.1.1.3 Ventas Perdidas

Descripción

Consiste en valorizar la demanda insatisfecha, dentro del total de las ventas de la empresa.

Fórmula

$$\text{VENTAS PERDIDAS.} = \text{DEMANDA INSASTISFECHA} * \text{PRECIO VENTA [\$]}$$

8.1.2 Gestión de Inventario

8.1.2.1 Nivel de inventario

Descripción

Es uno de los principales indicadores de desempeño en la administración de inventario, debido a que tiene directa relación con la calidad de servicio que una empresa entrega a sus clientes. Para el nivel de inventario se calculó la diferencia entre el inventario real y el proyecto, intuitivamente, representa una compensación entre el coste de inventario y el coste de la falta de existencias (que genera pérdida de ventas, de oportunidades y la frustración del cliente, entre otras cosas).

Fórmula

$$\text{VALOR INVENTARIO} = \text{INV. PROY.} - \text{INV. REAL [\$]}$$

Fórmula

$$\text{NIVEL INVENTARIO} = \frac{\text{INV. PROY.} - \text{INV. REAL}}{\text{INV. PROY}} * 100 [\%]$$

8.1.2.2 Rotación de Inventario y promedio de Permanencia en bodega

Descripción

El indicador más conocido y usado para medir el desempeño en el manejo de los inventarios es el número de rotaciones anuales. Se define como el número de veces por año que el inventario se renueva totalmente (Laumaille, R., 1992). Desde el punto de vista financiero, lo ideal es que la rotación sea lo más alta posible, dado que implica un menor nivel de inventario y, consecuentemente, una menor inversión en capital de trabajo. A mayor número de rotaciones, menos tiempo permanecerá en promedio un producto en bodega, y se tendrá mayor liquidez de capital.

Fórmula

$$R = \frac{\text{VTAS PROMEDIO}}{\text{INVENTARIO PROMEDIO}}$$

Indicador recíproco es el promedio de permanencia de un producto en bodega. Altos niveles en ese indicador muestran demasiados recursos empleados en inventarios que pueden no tener una materialización inmediata y que está corriendo con el riesgo de ser perdido o sufrir obsolescencia. Este se obtiene de dividir un año por el número de rotaciones del producto, es decir:

Fórmula

$$\text{PERMANENCIA} = \frac{\text{INVENTARIO PROMEDIO}}{\text{VTAS PROMEDIO}}$$

9 Estado del Arte

Existen diferentes modelos teóricos, tanto para realizar pronósticos de demanda como para establecer buenas políticas de inventario. A continuación se presenta una introducción a estos modelos y el marco teórico que se utilizó.

9.1 Introducción

9.1.1 Modelos de Pronósticos de Demanda

Los modelos de pronóstico de demanda se pueden clasificar como cuantitativos o cualitativos. Los modelos cualitativos se utilizan cuando no se dispone de datos empíricos que permitan hacer estimaciones numéricas. En tal caso se recurre a diversas técnicas, desde la mera opinión de los expertos hasta otros procedimientos más estructurados pero apoyados siempre en juicios personales. Los modelos cuantitativos se utilizan cuando se dispone de datos numéricos directos o indirectos. A diferencia con los modelos cualitativos se emplea un "modelo", es decir una representación matemática del fenómeno que se estudia, para hacer estimaciones también numéricas de las variables estudiadas.

Entre las técnicas cuantitativas se pueden diferenciar dos grandes grupos, las técnicas basadas en series de tiempo y las técnicas causales. En el caso de las series de tiempo, se dispone de medidas empíricas de la magnitud a lo largo de un período dilatado de tiempo. Los modelos basados en series de tiempo parten de la base de que el comportamiento de la magnitud a pronosticar se puede explicar a partir de su comportamiento anterior. Por ejemplo, la demanda de servicios de transporte aéreo puede depender del precio (costo del pasaje, si es transporte de pasajeros), de la riqueza o la cantidad de población del origen y/o el destino, entre otras. Las técnicas basadas en modelos causales intentan relacionar esas magnitudes con la que interesa conocer y así obtener una estimación de esta última (J. Hanke, Novena Edición 2010).

Se descartó la utilización de modelos cualitativos debido a la calidad y cantidad de datos que se disponen. Dentro de los modelos cuantitativos se decidió utilizar modelos de series de tiempo, dado que no se dispone de información de otras variables que influyan en la demanda que experimenta la empresa.

9.2 Pronósticos por serie de Tiempos

Los métodos por serie de tiempo se utilizan para hacer análisis detallados de los patrones de demanda en el pasado, a lo largo del tiempo y para proyectar estos patrones hacia el futuro. Una de las suposiciones básicas de estos modelos, es que la demanda se puede dividir en componentes como son: el nivel promedio, tendencia, estacionalidad y error, para después pronosticar en base a la asociación de éstos. Estas componentes se describen como (J. Hanke, Novena Edición 2010).

- **Tendencial:** Patrón de evolución sostenido a medio o largo plazo por encima de la existencia de movimientos rápidos a corto plazo.
- **Estacionalidad:** Patrón de evolución de la serie que se repite de forma más o menos invariable en momentos similares de espacio temporal mayor, generalmente un año.
- **Residuo o componente errática:** Porción imprevisible del comportamiento temporal de una serie o, al menos, movimiento que no puede catalogarse como estacional y/o tendencial.
- **Ciclo:** Ciclos se trata de aumentos o disminuciones que se repiten en el tiempo y cuyo período es de varios años. Generalmente, están relacionados a ciclos económicos, como períodos de crecimiento y de recesión, o ciclos de vida del producto.

No todas las series de datos exhiben igual proporción de cada uno de los anteriores componentes y es precisamente la preponderancia de cada uno de ellos, la que incide en la utilización de unas u otras técnicas de pronóstico por serie de tiempo. Así, las series con una

marcada componente tendencial, se modelizan aceptablemente a futuro con técnicas de ajuste de tendencia, mientras que las series que registran notables oscilaciones requieren la aplicación de técnicas capaces de anticipar esos cambios de estado. Es evidente que la facilidad para predecirlas es tanto mayor cuanto menor sea el componente errático que contiene.

A continuación se presentan diferentes modelos de series de tiempo, como son el modelo de medias móviles, suavizamiento exponencial simple y una de sus extensiones, el modelo de suavizamiento exponencial de tercer orden o también conocido como el método de Holt Winters utilizado en este estudio.

9.2.1 Modelos clásicos para el análisis de series temporales

Medias Móviles Simple

Es el modelo más elemental para el pronóstico por series de tiempo. En este método se supone que la serie de tiempo tiene sólo una componente de nivel. No presupone la presencia de patrones de estacionalidad, tendencias ni componentes de los ciclos en los datos de la demanda.

Cuando se calcula un promedio móvil se selecciona un número dado de períodos N para los cálculos. Después se calcula la demanda promedio A_t para los N períodos del pasado al momento t de la siguiente manera (R. Schroeder, 1996):

$$A_t = \frac{D_1 + D_{t-1} + \dots + D_{t-N+1}}{N}$$

Donde:

A_t = Demanda Promedio en t

D_i = Demanda en el instante i

N=Cantidad de Periodos

Como se supone que la serie de tiempo es horizontal (dado que se trabaja bajo el supuesto de no presencia de patrones de estacionalidad ni de tendencias), el mejor pronóstico para el período $t+1$ es simplemente una continuación de la demanda observada a lo largo del período t más un error aleatorio e_t . De esta manera se obtiene:

$$F_{t+1} = A_t + e_t$$

Donde:

F_{t+1} = Pronóstico para el período $t+1$

e_t = error aleatorio en t

Un supuesto que se emplea es que este error aleatorio no tiene ninguna explicación causal subyacente y, por lo tanto, se comporta como una variable aleatoria independiente con media 0 y desviación estándar σ (Kamlesh Mathur y Daniel Solow, 1996). Bajo este supuesto e_t se puede eliminar de la ecuación de pronóstico, quedando:

$$F_{t+1} = A_t$$

Método de Suavización Exponencial

Uno de los inconvenientes de la media móvil es que atribuye el mismo peso a los valores registrados en el intervalo empleado para su cálculo. Una alternativa razonable es suponer que los datos más próximos en el tiempo tienen una influencia mayor en el valor que previsiblemente tomará la variable que estamos pronosticando que aquellos más alejados.

La ponderación de los acontecimientos cronológicamente más próximos, se consigue con la suavización exponencial, que es una media aritmética ponderada en que le da mayor peso a las valoraciones cronológicamente más próximas.

La suavización exponencial se basa en la idea, muy simple, de que es posible calcular un promedio nuevo a partir de un promedio anterior y también de la demanda más recientemente observada.

Para formalizar el razonamiento anterior se escribe (R. Schroeder, 1996):

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

Donde α se denomina constante de suavizamiento y corresponde al peso que se le da a la demanda nueva contra la que se da al promedio anterior ($0 \leq \alpha \leq 1$). Otra manera de considerar la suavización exponencial es reacomodar los términos del lado derecho de la ecuación anterior para obtener:

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

De esta forma se aprecia que el método de suavización exponencial está diseñado para usar el error de pronóstico de un período, definido como la cantidad por la cual la demanda real difiere de la pronosticada ($D_t - F_t$) (error de pronóstico), a fin de corregir y mejorar el pronóstico del siguiente período, debido a que el pronóstico nuevo sería el pronóstico anterior más una proporción del error de pronóstico. Se puede controlar la proporción utilizada del error mediante la elección de la constante de suavizamiento.

Método de Holt-Winters

La técnica de suavización exponencial tiene el inconveniente de que no internaliza componentes de tendencia, ni de estacionalidad. El alisado de Holt-Winters evita este inconveniente mediante la incorporación explícita de tales dimensiones (José Ángel Fernández, 2003).

Se trata de un procedimiento similar al método de suavización exponencial, pero que incluye dos ecuaciones más, la primera para tratar la componente tendencial y la segunda para tratar el componente estacional. La aproximación a cada componente se realiza condensando la información existente hasta el momento t-1 para generar el valor de la serie en t y, posteriormente, se agregan los diferentes componentes para realizar la predicción. A continuación se presenta el esquema multiplicativo de agregación de ellos.

La predicción de demanda, en el período t para el período t + k será:

$$F_{t,t+k} = (A_t - kT_t)S_{t+k-s}$$

Con:

$$A_t = \alpha_1 \frac{D_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha_1)(A_{t-1} + T_{t-1}) \quad (1)$$

$$T_t = \alpha_2(A_t - A_{t-1}) + (1 - \alpha_2)T_{t-1} \quad (2)$$

$$S_t = \alpha_3 \frac{D_t}{A_t} + (1 - \alpha_3)S_{t-s} \quad (3)$$

Donde:

$F_{t,t+k}$ =Predicción de demanda en el período t para el período t+k

A_t =Componente de nivel en el tiempo t

T_t =Componente de tendencia en el tiempo t

S_t =Componente estacional para el período t

$\alpha_{1,2,3}$ =Constante de Suavizamiento

El parámetro “s” es un valor que depende de la frecuencia estacional de la serie. Por ejemplo, si la frecuencia de la serie es anual y se trabajan con datos mensuales, “s” tomara el valor de 12, mientras que si la frecuencia es trimestral, manteniendo los datos mensuales, “s” toma un valor de 3.

Si se analiza la ecuación 1, se puede observar cómo ofrece un valor de la componente de nivel en el momento t, tomando en primer lugar la información que ofrece el valor de D_t corregido de estacionalidad, y luego se añade la información que aportan los valores del momento inmediatamente anterior tomando la suma de la estimación de la tendencia más la constante del período anterior.

La ecuación 2 aproxima el valor de la tendencia en t, tomando por un lado la diferencia de las estimaciones de las constantes en t y en t-1 y por otro lado, el valor de la tendencia en el momento anterior.

La ecuación 3, ofrece un acercamiento a los factores estacionales, tomando en consideración, en primer lugar, un acercamiento al efecto estacional en el momento t, que se consigue dividiendo el valor de la serie original en t entre una estimación de la constante (o nivel medio) en t, y en segundo lugar, el valor del factor estacional en el mismo del instante estacional anterior.

El siguiente paso será asignar valores a las tres constantes de suavizamiento que varían entre cero y uno. La selección de estas constantes suele realizarse en función de los valores que minimicen el error de pronóstico.

En el Anexo F “Inicialización del método Holt-Winters” se explica en detalle como inicializar cada una de las componentes.

9.3 Error de pronóstico

El error de pronóstico para un período específico t , ε_t se define como la cantidad por la cual la demanda real difiere de la demanda pronosticada, así:

$$\varepsilon_t = D_t - F_t$$

Donde F_t corresponde al pronóstico realizado sobre el valor t de la serie y D_t es la observación real de la demanda en el instante t , con $t=1, \dots, n$; siendo 1 y n el primer y último dato de la serie de largo n .

Para tener una visión general de qué tan acertado es el modelo de pronóstico para un período, existen medidas globales de eficiencia de predicción como:

9.3.1 Error medio porcentual o MAPE

Con esta medida se obtiene el promedio de error absoluto obtenido en el pronóstico, como porcentaje de la serie original (Kamlesh Mathur y Daniel Solow, 1996).

$$MAPE = \left(\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{D_t - F_t}{D_t} \right| \right) * 100\%$$

9.3.2 Error medio cuadrático o MSE

Permite observar las medidas de la diferencia entre los valores pronosticados y los observados. Además, es útil debido a que facilita la visualización del error cometido por el tipo de modelo de pronóstico utilizado respecto a la serie evaluada.

$$MSE = \left(\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n D_t - F_t \right)^2$$

Dado que se utilizará más adelante en el cálculo del inventario de seguridad, es importante mencionar que, al suponer que el error en cada período ε_t es una variable aleatoria normalmente distribuida con una media de 0 y que esos errores son independientes entre sí,

el valor del MSE es un estimador de la varianza del error de pronóstico (Kamlesh Mathur y Daniel Solow, 1996).

9.3.3 Desviación media Absoluta o MAD

Mide la dispersión del error de pronóstico o dicho de otra forma, la medición del tamaño del error en unidades. Es el valor absoluto de la diferencia entre la demanda real y el pronóstico, dividido sobre el número de periodos.

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |D_t - F_t|}{n}$$

9.4 Modelos de administración de Inventarios

9.4.1 Modelo de cantidad económica de pedido para un Producto (EOQ)

Es el modelo más básico de políticas de inventario. Describe el compromiso entre costos fijos de realizar un pedido y los costos de mantener inventario. Este modelo se basa en los siguientes supuestos:

- La tasa de demanda es constante y conocida
- La recepción del pedido es instantánea
- No se permiten quiebres de inventario

La estructura de costos es la siguiente:

- Tasa de demanda (D), constante en unidades al año.
- El costo unitario del artículo (C) es constante y no existen descuentos por volumen.
- El costo de mantención del inventario depende linealmente del promedio de tal. Este costo es un $i\%$ del valor promedio del inventario (i representa la “tasa de costo de oportunidad” por llevar inventario).

- Existe un costo fijo de colocación de pedido (S).
- Tamaño de lote (Q), fijo y en unidades.

Con esta estructura de costos se puede calcular el costo total de inventario anual:

$$CT = S \frac{D}{Q} + iC \frac{Q}{2} + DC$$

Donde el primer término representa el costo por colocaciones de pedidos (D/Q = número de pedidos en un año) y el segundo, el costo por llevar inventario en el año ($Q/2$ = inventario promedio).

Minimizando esta función de costos en Q^{10} se llega a la cantidad clásica económica de pedido conocida como de Wilson (R. Schroeder, 1996).

$$Q^* = \sqrt{\frac{2SD}{iC}}$$

¹⁰ Modelo Teórico EOQ mantiene la cantidad a pedir (Q) constante

9.4.2 Tamaño de Lotes con Múltiples Productos o Clientes

En general, los costos de colocación, transportación y recepción de pedidos crecen con la diversidad de los productos o los puntos de surtido. Una porción del costo fijo de un pedido puede estar relacionada con el transporte. El objetivo de este modelo es llegar a los tamaños de lote y política de ordenar que minimicen el costo total y permita realizar pedidos con múltiples productos, dado un nivel de frecuencia constante para las tres familias a analizar, para ello se utilizará los siguientes datos (S. Chopra, Tercera Edición 2008):

D_i : Demanda anual del producto i .

S : Costo de ordenar en que se incurre cada vez que se coloca un pedido, independiente de la variedad de productos incluidos en el pedido.

S_i : Costo adicional de ordenar en que se incurre si el producto i se incluye en el pedido.

A continuación se demuestra cada una de las formulas y como se calcula cada una de ellas:

$$S^* = S + S_{pantalones} + S_{parkas} + S_{pullover}$$

Costo Anual de Ordenar:

$$C_o = S^*n$$

Costo de Mantener Inventario:

$$C_m = \frac{D_{pantalones} * h * C_{pantalones}}{2n} + \frac{D_{parka} * h * C_{parka}}{2n} + \frac{D_{pullover} * h * C_{pullover}}{2n}$$

Costo Total:

$$C_{Total} = \frac{D_{pantalones} * h * C_{pantalones}}{2n} + \frac{D_{parka} * h * C_{parka}}{2n} + \frac{D_{pullover} * h * C_{pullover}}{2n} + S * n$$

La frecuencia óptima del pedido que minimiza el costo total anual se obtiene al tomar la primera derivada del costo total respecto a n e igualándola a 0. Esto produce la frecuencia óptima del pedido n* siguiente:

$$n^* = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k D_i * h * C_i}{2S^*}}$$

$$n^* = \sqrt{\frac{(D_{pantalones} * h * C_{pantalones}) + (D_{parka} * h * C_{parka}) + (D_{pullover} * h * C_{pullover})}{2S^*}}$$

Donde Q_i^* se calcula de la siguiente forma:

$$Q_i^* = \frac{D_i}{n_i^*}$$

Se verá más en detalle estas fórmulas en el capítulo 16 del presente trabajo.

9.4.3 Modelo de Revisión Continua (Q)

Los supuestos de demanda constante y de recepción de pedido instantáneo son relajados, permitiéndose una demanda aleatoria y un tiempo de entrega de largo L. Además, se permite la existencia de faltantes o quiebres de inventario.

En este modelo el nivel de inventario se monitorea después de cada transacción o en forma continua. Cuando el nivel de inventario cae por debajo de un punto determinado, llamado

punto de reorden, se coloca una orden por una cantidad fija, con lo que el tiempo entre órdenes variará dependiendo de la naturaleza aleatoria de la demanda.

La siguiente regla de decisión rige esta política de inventario:

Revisar continuamente el nivel de inventario. Cuando el nivel cae por debajo del punto de reorden (R), se ordena una cantidad fija (Q) (R. Schroeder, 1996).

Este sistema se determina completamente mediante el uso de dos parámetros, Q y R. El primero se hace igual al valor EOQ del modelo de cantidad económica de pedido.

El punto de reorden se basa en la noción de una distribución de probabilidad de la demanda durante el tiempo de entrega. Cuando se coloca una orden el sistema queda expuesto a quiebres de inventario hasta que ésta llega. Dado que el punto de reorden es mayor que cero, es razonable suponer que no habrá quiebres de inventario a no ser que se haya colocado una orden, por ende, el único riesgo de quiebre es durante el tiempo de entrega.

Suponiendo que la demanda en el tiempo de entrega se comporta como una distribución normal, el punto de reorden R se define como:

$$R = m + s$$

Donde:

s = inventario de seguridad

m = demanda media durante el tiempo de entrega

Se puede expresar el inventario de seguridad como:

$$S = z\sqrt{L\sigma}$$

Donde:

σ = desviación estándar promedio de la demanda por unidad de tiempo

z = factor de seguridad

9.4.4 Modelo de Reaprovisionamiento Periódico (P)

Al igual que en el modelo de revisión continua, los supuestos de demanda constante y de recepción de pedido instantáneo son relajados, permitiéndose una demanda aleatoria y un tiempo de entrega de largo L . Además, se permite la existencia de faltantes o quiebres de inventario.

En un sistema de revisión periódica el nivel de inventario se revisa a intervalos fijos de largo P llamado instante de revisión, momento en que se decide si se coloca una orden o no. La cantidad de inventario cae en forma irregular hasta que llega el instante de revisión prefijado para pedir una orden. En ese instante, se ordena una cantidad para colocar el saldo o nivel de inventario igual a un nivel de inventario objetivo T . La orden se recibe posteriormente, después de un tiempo de entrega L . En el siguiente instante de revisión se pide una nueva orden repitiéndose el ciclo de utilización, pedido y recepción de producto (R. Schroeder, 1996).

El sistema P se determina completamente mediante los parámetros P y T . El nivel de inventario objetivo T se puede establecer de acuerdo al nivel de servicio especificado. En este caso el inventario objetivo se fija lo suficientemente alto para cubrir la demanda durante el tiempo de entrega L más el período de revisión P . A este tiempo se le llama tiempo de previsión y tiene largo $P+L$. Esto es debido a que el producto de la bodega no será reabastecido hasta la llegada de la orden siguiente la cual llega en $P+L$ unidades de tiempo más.

Para ejemplificar el concepto, en t_0 se coloca una orden llamada X . La siguiente orden Y se colocará en un tiempo t_0+P . Una vez que se halla colocado la orden X , ninguna orden posterior (en particular Y) serán recibidas hasta el tiempo t_0+L+P (cuando arriba la orden Y)¹¹. Por esta razón, el nivel de inventario objetivo debe ser suficiente para cubrir la demanda durante todo el tiempo de previsión de largo $P+L$.

¹¹ Bajo el supuesto que ninguna orden llega después que una orden colocada en un período posterior.

Así, después de cada revisión se ordena una cantidad igual al inventario objetivo T menos la cantidad de inventario en bodega. En el caso de que el pedido en el instante de revisión llegue después del siguiente, es decir el tiempo de entrega L es mayor que el intervalo de revisión P , se debe además restar a la cantidad ordenada las cantidades pedidas con anterioridad. A estas cantidades pedidas se les llama inventario en tránsito porque son pedidos que se han colocado y que todavía no llegan a la bodega de la empresa.

El sistema periódico funciona de una manera totalmente diferente al sistema de revisión continua debido a que no tiene punto de reorden sino un inventario objetivo, además el intervalo de revisión es fijo y no la cantidad pedida. Por esta razón muchas veces se le da el nombre de sistema P al modelo de reaprovisionamiento periódico.

Por lo tanto, para alcanzar el nivel de servicio especificado, la demanda debe ser satisfecha por todo el período de previsión de largo $P + L$ en el nivel promedio, más un inventario de seguridad.

Entonces:

$$T = m + s$$

Donde:

s = inventario de seguridad

m = demanda media durante el tiempo de previsión

T = nivel de inventario objetivo

El inventario de seguridad se puede expresar como:

$$s = z\sqrt{(P + L)\sigma}$$

Donde:

σ = desviación estándar promedio de la demanda por unidad de tiempo

z = factor de seguridad

9.4.5 Inventario de Seguridad

Un enfoque para controlar los quiebres de inventario cuando la demanda es aleatoria, como lo suponen los modelos de revisión continua y reaprovisionamiento periódico, es establecer una fracción α que represente la probabilidad mínima deseada de satisfacer la demanda (Kamlesh Mathur y Daniel Solow, 1996):

Así¹²

$\alpha = \text{Prob.}(\text{satisfacer la demanda durante un ciclo de inventario})$

$\alpha = \text{Prob.}(\text{demanda durante el tiempo de previsión } L \leq R)$

Por ejemplo si $\alpha = 0,95$ significa que la gerencia desea satisfacer la demanda en al menos un 95% de los ciclos de inventario.

La forma de alcanzar esta meta es teniendo un inventario de seguridad SS, que es el inventario adicional disponible para cubrir las fluctuaciones de la demanda en el tiempo de previsión.

Así,

$$\text{Prob.}(\text{demanda durante el tiempo de previsión } L \leq R + SS) \geq \alpha$$

El objetivo es encontrar el inventario de seguridad mínimo para satisfacer el α especificado. Hacerlo requiere conocer la distribución de probabilidad de la demanda, la cual puede ser difícil y ponerla en uso puede ser matemáticamente complicado. En la práctica se ha demostrado (Kamlesh Mathur y Daniel Solow, 1996) que es confiable el uso de una distribución normal para la demanda, con media, μ_L , igual a la demanda promedio histórica

¹² Para ejemplificar se utilizará el tiempo de previsión del modelo de inventario continuo el cual es de largo igual al tiempo de entrega L. Para proceder con el modelo de reaprovisionamiento periódico se debe sustituir L por (L+P), y proceder en forma análoga.

del tiempo de previsión, es decir $\mu_L = R$ y desviación estándar, σ_L , de la demanda histórica durante el tiempo de previsión.

Con estos valores se debe identificar el valor de $(R+SS)$ para que el área bajo la curva normal a la izquierda de este punto sea igual a α . Normalizando se tiene:

$$z = \frac{(R + SS) - \mu_L}{\sigma_L}$$

$$z = \frac{(R + SS) - R}{\sigma_L}$$

$$z = \frac{SS}{\sigma_L}$$

Resolviendo para SS se obtiene la forma clásica de inventario de seguridad:

$$SS = z * \sigma_L$$

9.4.6 Sistemas de Reabastecimiento Híbrido

Varios sistemas híbridos de control de inventario reúnen algunas características de los sistemas P y Q, pero no todas. Se examinarán brevemente dos de estos sistemas:

- I. Reabastecimiento Opcional
- II. Inventario Base

9.4.6.1 Sistema de Reabastecimiento Opcional ó (s, S)

Llamado a veces sistema de revisión opcional, min- máx, o (s,S), el sistema de reabastecimiento opcional es muy parecido al sistema P, se utiliza para revisar la posición de inventario a intervalos de tiempo fijos y si dicha posición ha disminuido hasta un nivel predeterminado (o más bajo del mismo), hace un pedido de tamaño variable que cubra las necesidades esperadas. El nuevo pedido es suficientemente grande para llevar de nuevo la posición de inventario a la de inventario objetivo, en forma similar a T en el caso del sistema P. (L. Krajewsky & L. Ritzman, 2007)

Sin embargo no se hacen pedidos después de realizar una revisión, a menos que la posición de inventario haya descendido hasta el nivel mínimo predeterminado. El nivel mínimo pasa actúa como el punto de reorden R en un sistema Q. Por ejemplo, si el objetivo es 100 y el nivel mínimo es 60, el tamaño de pedido mínimo es $40(100-60)$. Como no es necesario realizar revisiones continuas, este sistema resulta particularmente atractivo cuando los costos de revisión y de hacer pedidos son significativos.

9.4.6.2 Sistema de Inventario Base

En su forma más simple, el sistema de inventario base expide una orden de reabastecimiento, Q, cada vez que se realiza un retiro, por la misma cantidad que se retiró. Esta política de sustitución de uno por uno mantiene la posición de inventario en un nivel de existencias básico igual a la demanda esperada durante el tiempo de espera, más un nivel de

seguridad. Por lo tanto, el nivel de inventario base es equivalente al punto de reorden en un sistema Q. Sin embargo, ahora las cantidades de pedido varían para mantener la posición de inventario en R en todo momento. Debido a esa posición representa la IP más baja posible que permitirá mantener un nivel de servicio especificado, el sistema de inventario base puede usarse para minimizar el inventario de ciclo. De este modo, se hacen más pedidos, pero cada uno de ellos es más pequeño. Este sistema es apropiado para artículos muy costosos, debido a que no se maneja un inventario mayor que la demanda máxima esperada hasta que se recibe el pedido de reabastecimiento.(L. Krajewsky & L. Ritzman, 2007)

10 Análisis exploratorio de los Datos

Antes de seleccionar y aplicar el método de pronóstico que capte de mejor manera el consumo de ciertos productos de Butka, se comenzará verificando si los datos exhiben tendencia y/o estacionalidad, ya que son éstos los patrones más comunes que presentan las series.

La familia de productos escogida para el análisis corresponde a las Parkas, Pullover y Pantalones ya que registran mayores quiebres de Inventario por conceptos de ventas, tal como lo indica la Tabla 10-1 a continuación.

Tabla 10-1 Familia de Productos con Demanda Insatisfecha

PRODUCTO FALTANTES	D.I ¹³	PRECIO VENTAS	VENTAS(\$)
PANTALON V-POWER SHELL D.3104	301	10.800 \$	3.250.800
PARKA TERMICA SHELL V-POWER	1051	45.900 \$	48.240.900
PULLOVER V-POWER D.3228 SHELL	1201	15.900 \$	19.095.900
TOTAL			70.587.600

Fuente: Elaboración Propia

10.1 Agregación de la Demanda

Para proseguir con el análisis de las componentes de las series de tiempo de las 3 familias se utilizará la agregación de la demanda para efectos de simplificar los cálculos. Estos quedarán tal como muestra la Tabla 10-2.

Tabla 10-2 Agregación Demanda por Familia

FAMILIA	L	M	S	XL	XS	XXL	XXS	XXXL	TOTAL
FAMILIA PARKAS	32%	32%	12%	15%	2%	4%	1%	2%	100%
FAMILIA PULLOVER	33%	32%	13%	14%	2%	4%	1%	2%	100%
FAMILIA PANTALONES	31%	32%	13%	14%	2%	5%	1%	2%	100%

¹³ D.I: Abreviatura de Demanda Insatisfecha

10.2 Tendencia

Las tendencias son movimientos a largo plazo en una serie de tiempo que en ocasiones pueden describirse mediante una línea recta o una curva suave. Ejemplos de los factores básicos que producen o influyen en la tendencia de una serie de tiempo son un cambio en la población, un cambio de precio, un cambio tecnológico, un incremento en la productividad y los ciclos de vida de un producto. Para calcular este valor se utiliza la tendencia global de los datos disponibles y considerando el tipo de distribución de la información histórica.

Para determinar la existencia de esta componente se analizaron las líneas de tendencias de cada una de las familias de productos, donde el estudio de los modelos de regresión lineal arrojó para cada familia la presencia de Tendencia al poseer tasa de crecimiento (o disminución) de la demanda, es decir existe una relación significativa entre observaciones sucesivas, o sea, hay un aumento o disminución sostenidos en el nivel de la demanda de un período de tiempo al siguiente.

La tendencia que mejor se ajusta al patrón de los datos históricos para las tres familias es la tendencia cuadrática, basado en los errores los cuales serán expuestos gráficamente en los apartados 10-2, donde en la Tabla 10-3 se presenta un resumen de los errores posteriormente analizados; siendo el error cuadrático medio MSD el más representativo para la elección del tipo de regresión a utilizar.

Tabla 10-3 Cuadro resumen de Errores para las tres familias en estudio

TENDENCIAS	PARKAS			PANTALÓN			PULLOVER		
	MSD	MAD	MAPE	MSD	MAD	MAPE	MSD	MAD	MAPE
Lineal	43.261	177,4	43.261,0	46.213	174,0	23,0	83.515	229,3	81,5
Cuadrática	41.488	173,5	132,9	45.042	173,9	22,9	76.066	222,3	82,4
Crecimiento Exponencial	51.253	182,7	114,3	47.440	173,5	22,1	93.507	221,7	61,9
Curva S	72.088	204,3	65,8	47.918	173,9	22,8	-	-	-

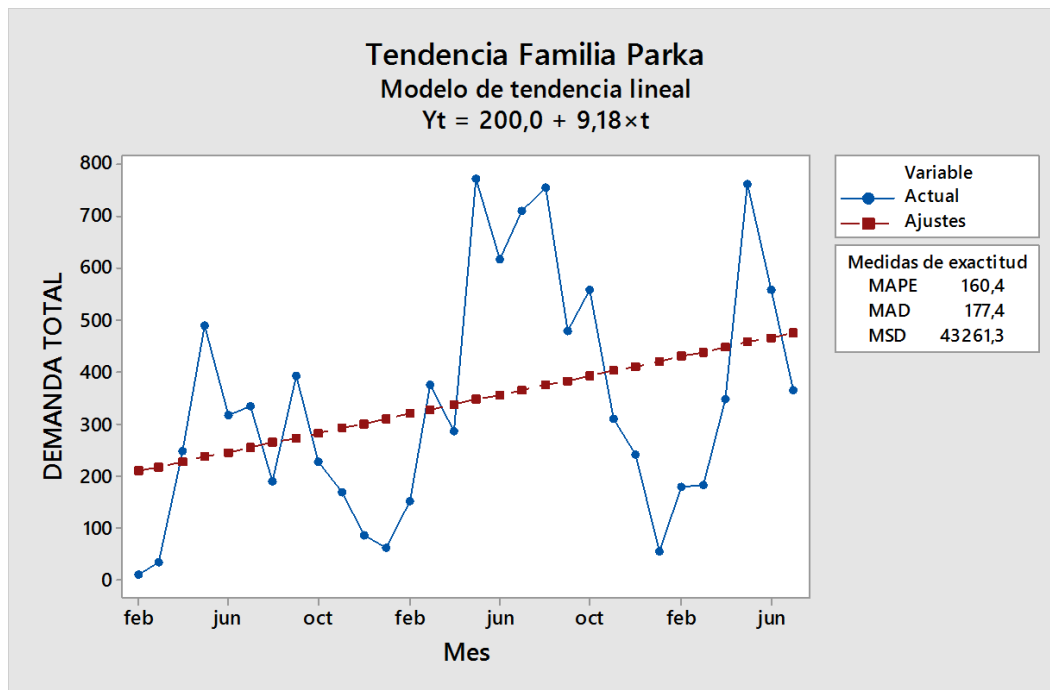
Fuente de elaboración Propia

A continuación se analizará la estimación de la componente tendencial, a través del análisis de las diferentes curvas de series históricas para la familia de Parkas, las otras familias serán expuestas en el Anexo G.

10.2.1 Curvas de tendencia lineal

La Figura 10-1 muestra gráficamente la serie histórica. Al parecer, las ventas han crecido en el período de febrero a junio.

Figura 10-1 Tendencia lineal para los registros mensuales de la Familia de Parkas



Fuente: Elaboración Propia

La línea de tendencia ajustada tiene la ecuación:

$$Y_t = 200 + 9,8 * t$$

La pendiente de la ecuación de tendencia indica que los registros se incrementan en un promedio de 9,18 unidades cada mes. La figura 10-1 presenta la línea recta de la tendencia

ajustada de los datos reales. La Tabla 10-4 también muestra los pronósticos de registros de productos según su tendencia lineal.

Tabla 10-4 Registro de demanda con tendencia lineal de Parkas, 2014 a 2016

TIEMPO	PERÍODO	DEMANDA REAL	TENDENCIA	ERROR
ENE-14	1	11	209,189	-198,189
FEB-14	2	35	218,374	-183,374
MAR-14	3	250	227,559	22,441
ABR-14	4	491	236,743	254,257
MAY-14	5	318	245,928	72,072
JUN-14	6	334	255,112	78,888
JUL-14	7	190	264,297	-74,297
AGO-14	8	393	273,482	119,518
SEP-14	9	226	282,666	-56,666
OCT-14	10	169	291,851	-122,851
NOV-14	11	87	301,036	-214,036
DIC-14	12	61	310,22	-249,22
ENE-15	13	153	319,405	-166,405
FEB-15	14	376	328,59	47,41
MAR-15	15	286	337,774	-51,774
ABR-15	16	772	346,959	425,041
MAY-15	17	616	356,144	259,856
JUN-15	18	709	365,328	343,672
JUL-15	19	754	374,513	379,487
AGO-15	20	479	383,698	95,302
SEP-15	21	560	392,882	167,118
OCT-15	22	312	402,067	-90,067
NOV-15	23	240	411,252	-171,252
DIC-15	24	54	420,436	-366,436
ENE-16	25	179	429,621	-250,621
FEB-16	26	184	438,805	-254,805
MAR-16	27	349	447,99	-98,99
ABR-16	28	761	457,175	303,825
MAY-16	29	558	466,359	91,641
JUN-16	30	364	475,544	-111,544

Fuente: Elaboración Propia

Los valores estimados de la tendencia para los registros de demanda de parkas de enero 2014 a junio del 2016 se presentan en la Tabla 10-4 en la columna cuatro. Por ejemplo, la ecuación de la tendencia estima que los registros en junio 2016 ($t = 30$) fueron:

$$Y_{30} = 200 + 9,18 \cdot (30)$$

$$Y_{30} = 475,544$$

Es decir, 475,544 unidades pronosticadas. Sin embargo, la demanda real para el periodo de junio-16 fue de 364 parkas. De manera que, para junio-16 la ecuación de la tendencia sobreestima las unidades por aproximadamente 111, 544 unidades.

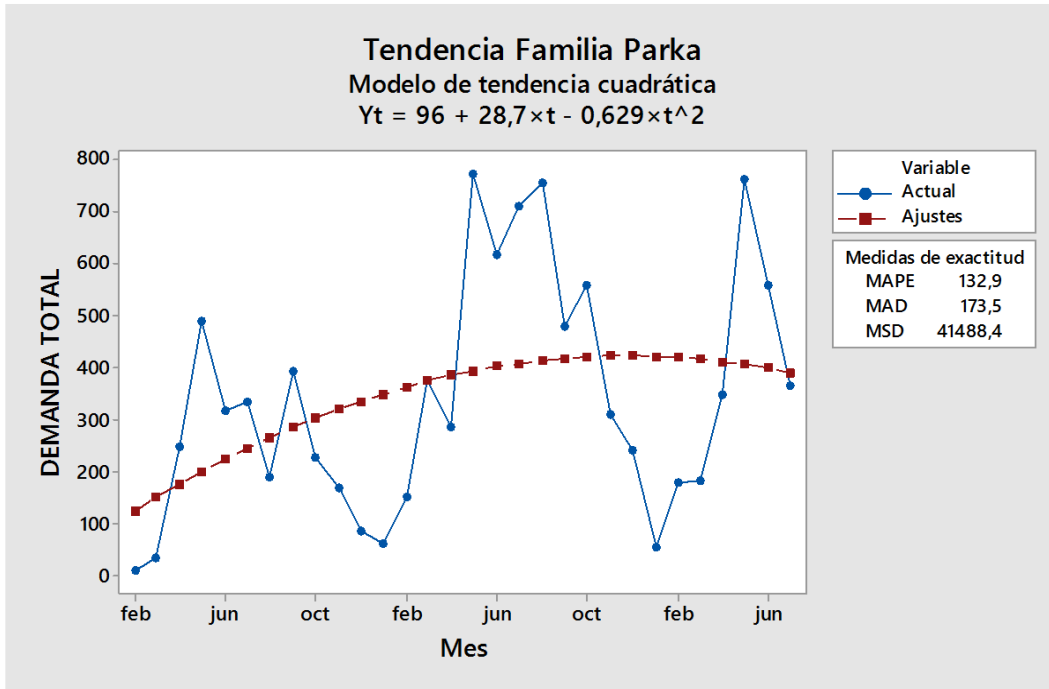
10.2.1.1 Curvas de tendencia Cuadrática

La Tabla 10-5, representa los valores estimados de la tendencia no lineal para los registros de demanda de parkas, de enero 2014 a junio del 2016. Los datos de la Figura 10-2 presentan una curva de tendencia cuadrática ajustada a los datos de registros de demanda usando el criterio SSE¹⁴. Una función simple que toma en cuenta la curvatura es la ecuación de la tendencia:

$$T_t = b_0 + b_1 t + b_2 t^2$$

¹⁴ **Método de los mínimos cuadrados (SSE)** Se usa para calcular la ecuación de una línea recta que minimiza la suma de los cuadrados de las distancias entre los puntos de datos X - Y y la línea, medidos en la dirección vertical (Y).

Figura 10-2 Tendencia Cuadrática de registros mensuales para la Familia de Parkas



Fuente: Elaboración Propia

Por ejemplo, la ecuación de la tendencia estima que los registros en junio-16 (t = 30) fueron:

$$Y_{30} = 96 + 28,7 \times (30) - 0,629 \times (30)^2$$

$$Y_{30} = 390,361$$

Es decir, 390,361 unidades pronosticadas. Sin embargo, la demanda real para el periodo de junio-16 fue de 364 parkas. De manera que, para junio-16 la ecuación de la tendencia sobreestima las unidades por aproximadamente en 26,361 unidades.

Tabla 10-5 Registro de demanda con tendencia cuadrática de Parkas, 2014 a 2016

TIEMPO	PERÍODO	DEMANDA REAL	TENDENCIA	ERROR
ENE-14	1	11	124,006	-113,006
FEB-14	2	35	150,815	-115,815
MAR-14	3	250	176,365	73,635
ABR-14	4	491	200,656	290,344
MAY-14	5	318	223,688	94,312
JUN-14	6	334	245,461	88,539
JUL-14	7	190	265,976	-75,976
AGO-14	8	393	285,231	107,769
SEP-14	9	226	303,228	-77,228
OCT-14	10	169	319,966	-150,966
NOV-14	11	87	335,445	-248,445
DIC-14	12	61	349,665	-288,665
ENE-15	13	153	362,626	-209,626
FEB-15	14	376	374,328	1,672
MAR-15	15	286	384,772	-98,772
ABR-15	16	772	393,956	378,044
MAY-15	17	616	401,882	214,118
JUN-15	18	709	408,549	300,451
JUL-15	19	754	413,957	340,043
AGO-15	20	479	418,106	60,894
SEP-15	21	560	420,997	139,003
OCT-15	22	312	422,628	-110,628
NOV-15	23	240	423,001	-183,001
DIC-15	24	54	422,115	-368,115
ENE-16	25	179	419,97	-240,97
FEB-16	26	184	416,566	-232,566
MAR-16	27	349	411,903	-62,903
ABR-16	28	761	405,981	355,019
MAY-16	29	558	398,801	159,199
JUN-16	30	364	390,361	-26,361

Fuente: Elaboración Propia

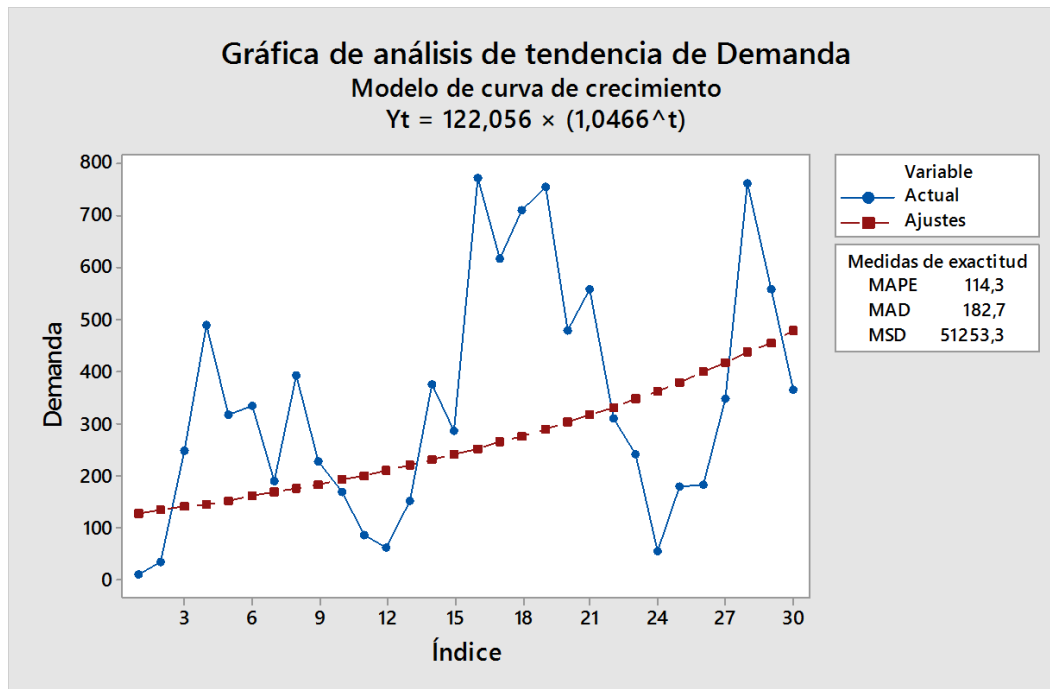
10.2.1.2 Curvas de tendencia Exponencial

La tendencia exponencial está dada por

$$T_t = b_0 b_1^t$$

Cuando una serie de tiempo inicia lentamente y luego parece que se incrementa a un ritmo creciente de manera (Véase la Figura 10-3) que la diferencia porcentual entre una observación y otra es constante, es posible ajustar una tendencia exponencial.

Figura 10-3 *Tendencia Cuadrática de registros mensuales para la Familia de Parkas*



Fuente: Elaboración Propia

Una curva de tendencia exponencial que se ajusta a los datos, la ecuación está dada por:

$$Y_t = 122.056 * 1,0466^t$$

Lo que implica una tasa de crecimiento mensual de alrededor del 4%. En consecuencia, si el modelo estima 457 unidades en mayo 16 para junio16, el aumento sería de 478 unidades. De manera que, para junio-16 la ecuación de la tendencia sobreestima las unidades por aproximadamente en 114 unidades (Ver Tabla 10-6).

Tabla 10-6 Registro de demanda con tendencia exponencial de Parkas, 2014 a 2016

TIEMPO	PERÍODO	DEMANDA REAL	TENDENCIA	ERROR
ENE-14	1	11	128	-117
FEB-14	2	35	134	-99
MAR-14	3	250	140	110
ABR-14	4	491	146	345
MAY-14	5	318	153	165
JUN-14	6	334	160	174
JUL-14	7	190	168	22
AGO-14	8	393	176	217
SEP-14	9	226	184	42
OCT-14	10	169	192	-23
NOV-14	11	87	201	-114
DIC-14	12	61	211	-150
ENE-15	13	153	221	-68
FEB-15	14	376	231	145
MAR-15	15	286	242	44
ABR-15	16	772	253	519
MAY-15	17	616	265	351
JUN-15	18	709	277	432
JUL-15	19	754	290	464
AGO-15	20	479	303	176
SEP-15	21	560	317	243
OCT-15	22	312	332	-20
NOV-15	23	240	348	-108
DIC-15	24	54	364	-310
ENE-16	25	179	381	-202
FEB-16	26	184	398	-214
MAR-16	27	349	417	-68
ABR-16	28	761	436	325
MAY-16	29	558	457	101
JUN-16	30	364	478	-114

Fuente: Elaboración Propia

Se puede concluir que los datos muestran una tendencia, siendo la curva cuadrática la que mejor se ajusta a las tres familias en estudio, es decir hay una relación significativa entre los valores sucesivos de la serie de tiempo. Los coeficientes de autocorrelación son usualmente grandes para varios de los primeros retrasos de tiempo y luego, conforme se incrementa el número de retrasos, caen gradualmente hacia cero.

10.3 Estacionalidad

Se trata de un patrón en el comportamiento de la serie que se repite en fechas o períodos específicos. Se refiere a variaciones predecibles de la demanda, debidas a las diferencias de consumo en los distintos periodos del año. (Ortiz-Secattore 2013, p.556)

Para resaltar la estacionalidad, primero se deberá estimar y eliminar la tendencia. Esta última puede estimarse con una de las curvas de tendencia. Al suponer un modelo de descomposición multiplicativo, la proporción del promedio móvil es un método que se emplea comúnmente para medir la variación estacional. Para ilustrar el método de proporción del promedio móvil, utilizamos los datos de venta mensuales de los últimos 30 períodos utilizando la metodología siguiente¹⁵:

Paso 1. Partiendo del principio de la serie, calcular el total móvil de 12 meses y coloque este total para enero de 2013 hasta diciembre de 2013 entre junio y julio de 2013

Paso 2. Calcule el total móvil de dos años, de manera que los promedios subsecuentes estén centrados en julio, en lugar de que esto ocurra entre un mes y otro.

Paso 3. Se consideran la suma de los dos periodos móviles

Paso 4. Divida el total móvil de dos años entre 24 para obtener el promedio móvil centrado de 12 meses.

Paso 5. El índice estacional para julio se calcula dividiendo el valor real de julio entre el promedio móvil centrado de 12 meses.

¹⁵ Metodología propuesta por John Hanke en su libro "Pronósticos en los negocios".

Los índices estacionales mensuales para cada año deben sumar 12, de manera que la mediana de cada mes debe ajustarse para obtener el conjunto final de índices estacionales¹⁶. Puesto que este multiplicador debe ser mayor que 1 si el total de razones de medianas antes del ajuste es menor que 12, y menor que 1 si el total es mayor que 12, el multiplicador se define como

$$\text{Multiplicador} = \frac{12}{\text{Total Medias}}$$

Tabla 10-7 Índice de estacionalidad mensual

MES	2013	2014	2015	2016	MEDIA	Índice de estacionalidad Ajustado*
ENERO	-	0,07	0,43	-	0,25	0,26
FEBRERO	-	0,2	0,98	-	0,59	0,61
MARZO	-	1,25	0,71	-	0,98	1,02
ABRIL	-	2,33	1,82	-	2,08	2,16
MAYO	-	1,49	1,42	-	1,46	1,52
JUNIO		1,57	1,61		1,59	1,66
JULIO	1,65	0,87	1,7		1,41	1,47
AGOSTO	0,51	1,64	1,1		1,08	1,13
SEPTIEMBRE	0,23	0,89	1,3		0,81	0,84
OCTUBRE	0,55	0,63	0,72		0,63	0,66
NOVIEMBRE	0,38	0,3	0,56		0,41	0,43
DICIEMBRE	0,35	0,2	0,14		0,23	0,24

Fuente: Elaboración Propia; *Los datos de la columna seis fueron ajustados por el multiplicador 1,042, obteniendo el índice de estacionalidad ajustado

Usando la información del total de la columna 6 de la Tabla 10-7

$$\text{Multiplicador} = \frac{12}{11,51}$$

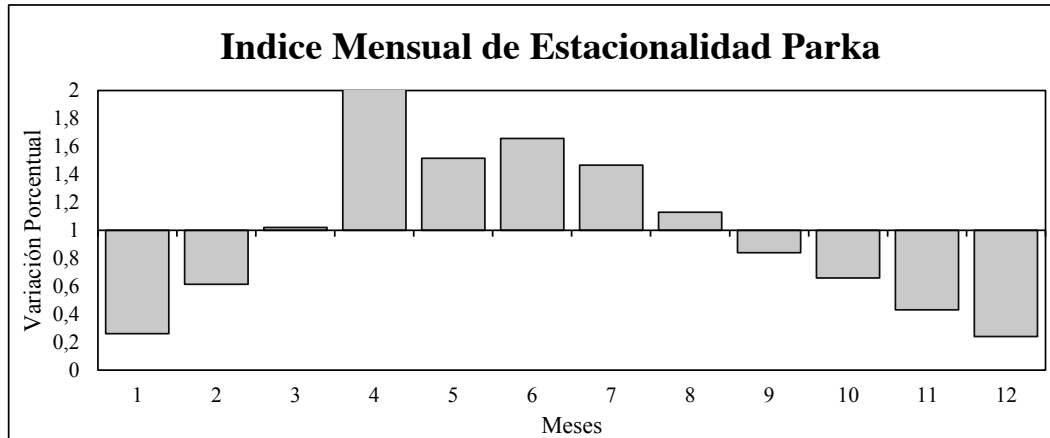
Los índices estacionales de cada mes se calcularon multiplicando cada una de las proporciones de las medias¹⁷ por 1.042. En la figura 10-4 se representa el componente

¹⁶ Los índices mensuales deben sumar 12 de manera que el total anual esperado iguale al total real del año.

¹⁷ En ocasiones los índices estacionales se multiplican por 100 y se expresan como porcentajes.

estacional mensual en una descomposición multiplicativa de las ventas de la serie de tiempo de la familia de parkas.

Figura 10-4 Índices ajustados mensuales, 2013-2016



Fuente: Elaboración Propia

Las ventas de la compañía son periódicas como se ilustra en la Figura 10-4, con ventas relativamente bajas al final de la primavera y relativamente altas al final del otoño invierno.

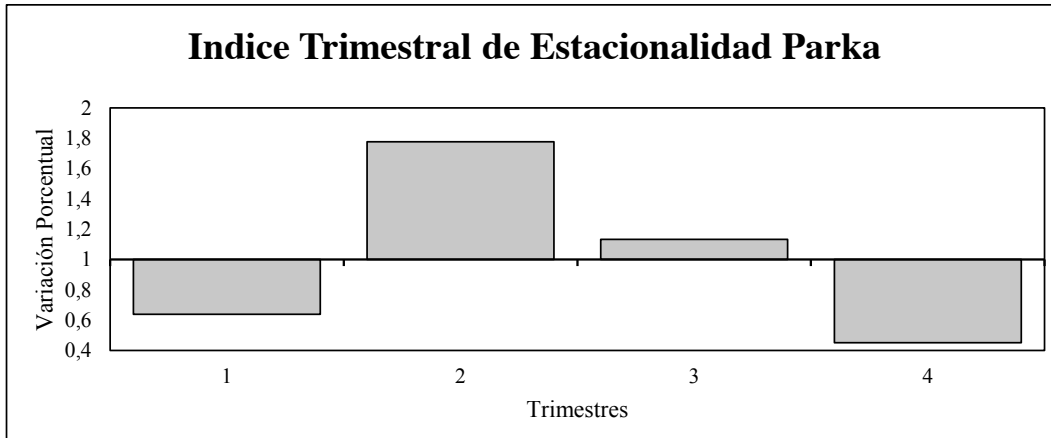
A continuación se muestra la componente estacional de forma trimestral de las parkas, utilizando los mismos pasos anteriormente citados, donde se deja en evidencia la existencia de estacionalidad marcada en los meses de abril hasta septiembre con un alza en las ventas.

Tabla 10-8 Índice de estacionalidad Trimestral

TRIMESTRE	2013	2014	2015	2016	MEDIA	Índice de estacionalidad Ajustado*
(Enero-Marzo)	-	0,51	0,72	-	0,62	0,64
(Abril-Junio)	-	1,80	1,62	-	1,71	1,78
(Julio-Septiembre)	0,77	1,15	1,36		1,09	1,13
(Octubre-Diciembre)	0,46	0,36	0,48		0,43	0,45

Fuente: Elaboración Propia

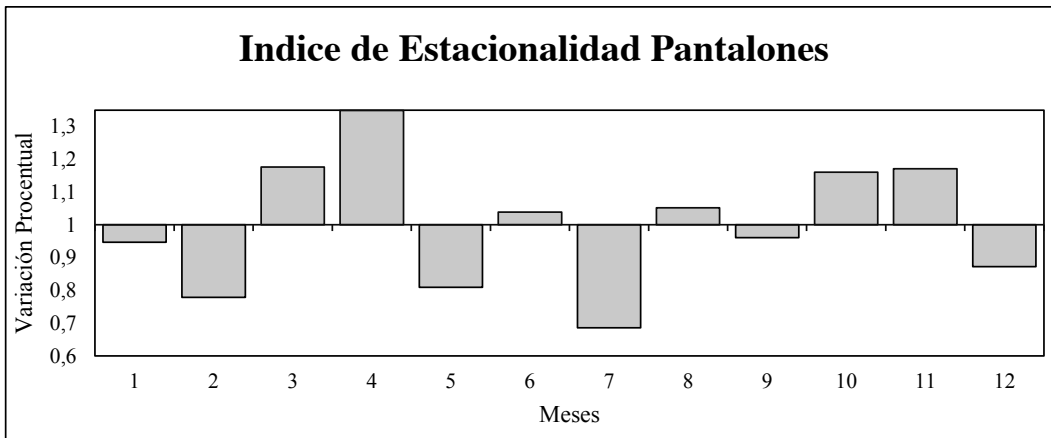
Figura 10-5 Índices ajustados Trimestral, 2013-2016



Fuente: Elaboración Propia

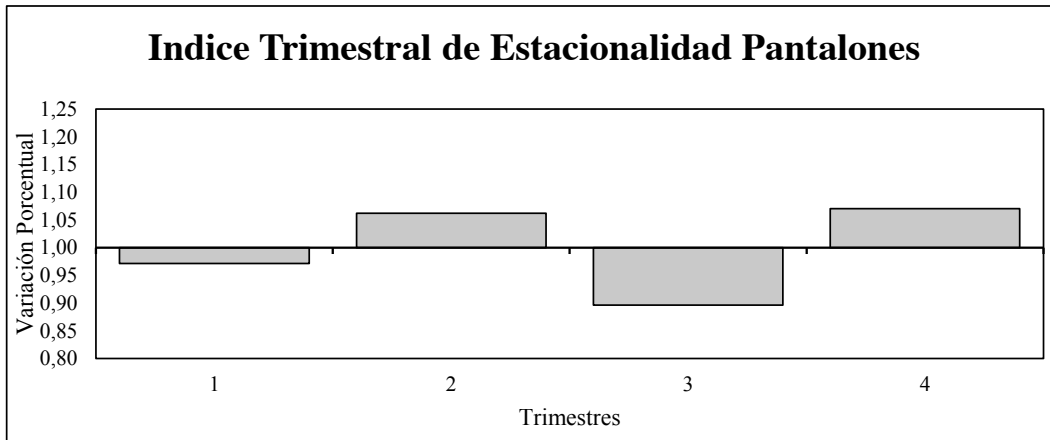
Para la familia de Pantalones y Pullover la estacionalidad no se refleja con claridad, por ende se asume que no presentan patrones estacionales como la Parka. Ver Figura 10-6 y Figura 10-7.

Figura 10-6 Índices ajustados mensuales Familia Pantalones, 2013-2016



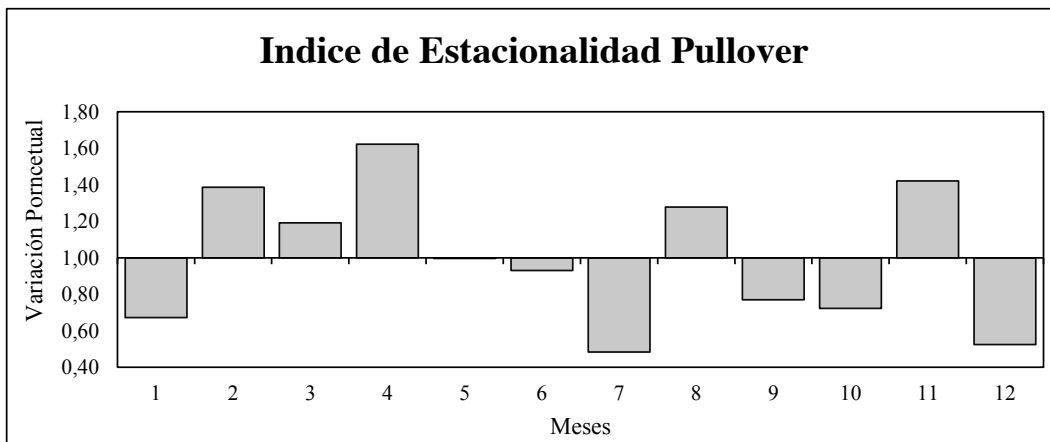
Fuente: Elaboración Propia

Figura 10-7 Índices ajustados trimestral Familia Pantalones, 2013-2016



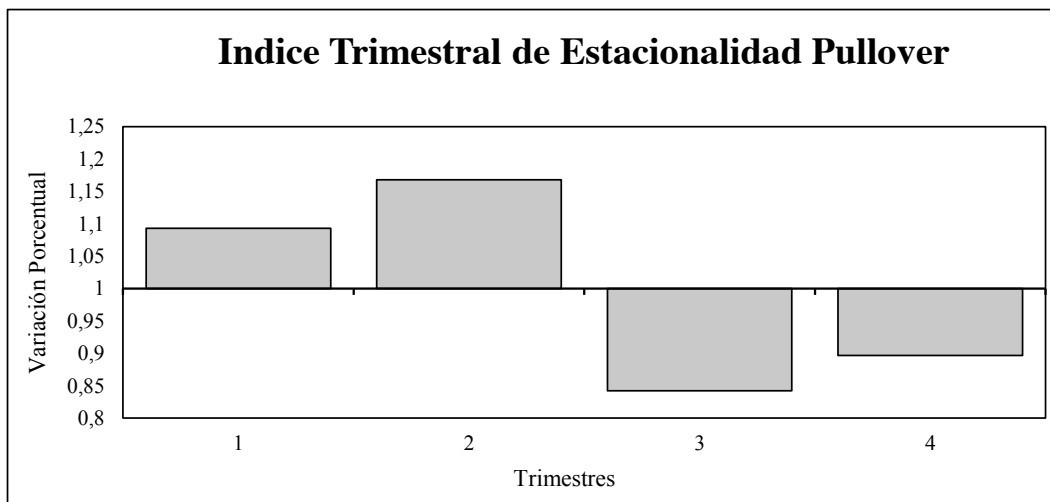
Fuente: Elaboración Propia

Figura 10-8 Índices ajustados Mensual Familia Pantalones, 2013-2016



Fuente: Elaboración Propia

Figura 10-9 Índices ajustados Trimestral Familia Pantalones, 2013-2016



Fuente: Elaboración Propia

Se concluye que las ventas de parkas y pullover son estacionales, sobre una base trimestral. Las observaciones de la misma posición, en diferentes periodos estacionales, tienden a estar relacionadas, mientras que para los pantalones esta componente no se manifiesta con claridad.

10.4 Ciclo

Ciclos se trata de aumentos o disminuciones que se repiten en el tiempo y cuyo período es de varios años. Generalmente, están relacionados a ciclos económicos, como períodos de crecimiento y de recesión, o ciclos de vida del producto. (Ortiz-Secattore 2013, p.557)

Se consideran las observaciones de 2013 a 2016, o sea, de 42 meses, donde se puede notar que el comportamiento cíclico no se expresa de manera explícita, descartando este componente para efectos de análisis posteriores.

10.5 Componente Aleatorio (o irregular)

Corresponde a variaciones que no pueden explicarse mediante tendencias, estacionalidades y/o ciclos. Se deben, habitualmente a situaciones imprevistas, como huelgas o terremotos, son de corta duración y no se repiten. (Ortiz-Secattore 2013, p.557) .

En los capítulos posteriores se abundará más sobre la componente irregular ó Ruido Blanco y sus métodos de validación.

11 Demanda Real y Métodos de Pronósticos a Utilizar

A continuación se presenta tabla resumen con las ventas históricas de Enero del año 2014 a Junio 2016, agrupados estos períodos de forma trimestral para efectos de análisis posteriores.

Tabla 11-1 Registro de datos de demanda Trimestral para cada Familia, 2014-2016

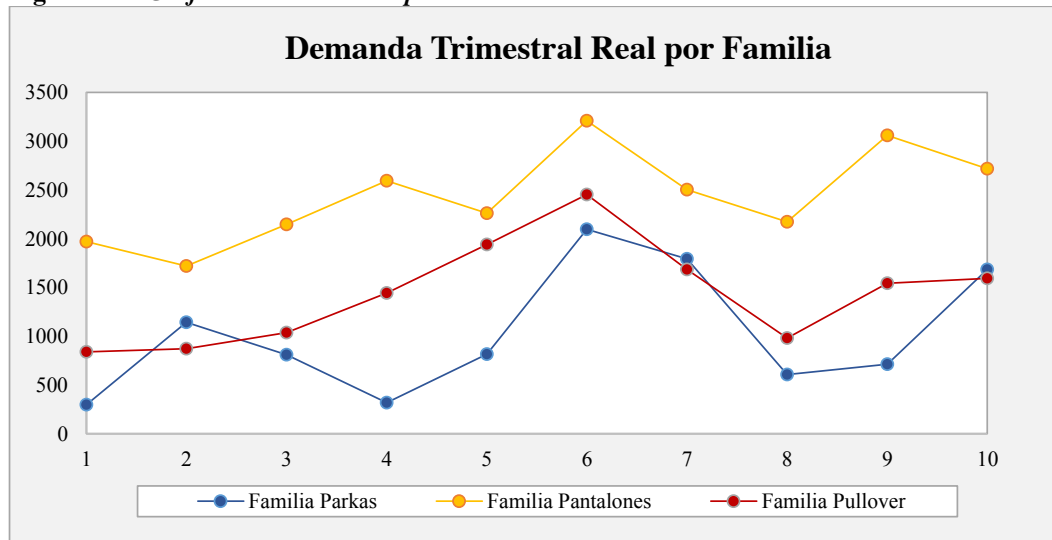
DEMANDA [UN.]	DEMANDA POR TRIMESTRE									
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°
Familia Parkas	296	1.143	809	317	815	2.097	1.793	606	712	1.683
Familia Pantalones	1.970	1.720	2.147	2.593	2.263	3.211	2.504	2.173	3.060	2.718
Familia Pullover	838	872	1.037	1.444	1.941	2.452	1.684	981	1.542	1.594

Fuente: Elaboración Propia

Una vez determinada la presencia o ausencia de tendencia y estacionales en la serie de datos históricos para las tres familias estudiadas, se procede al análisis de los errores mediante los métodos de pronósticos.

A continuación se mostrará la evolución histórica de la demanda para las tres familias agrupadas trimestralmente en periodos, tal como la muestra la figura 10-0.

Figura 11-0 Gráfica Demanda Real por Familia



Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar que las familias Parkas y Pullover presentan una marcada estacionalidad, a diferencia de la familia Pantalones la cual posee una marcada tendencia.

Para efectos prácticos, en el siguiente apartado se procederá a analizar la familia Parka con todos los métodos de pronósticos y sus errores, mientras que el resto de las familias serán expuestas en extenso en el Anexo G.

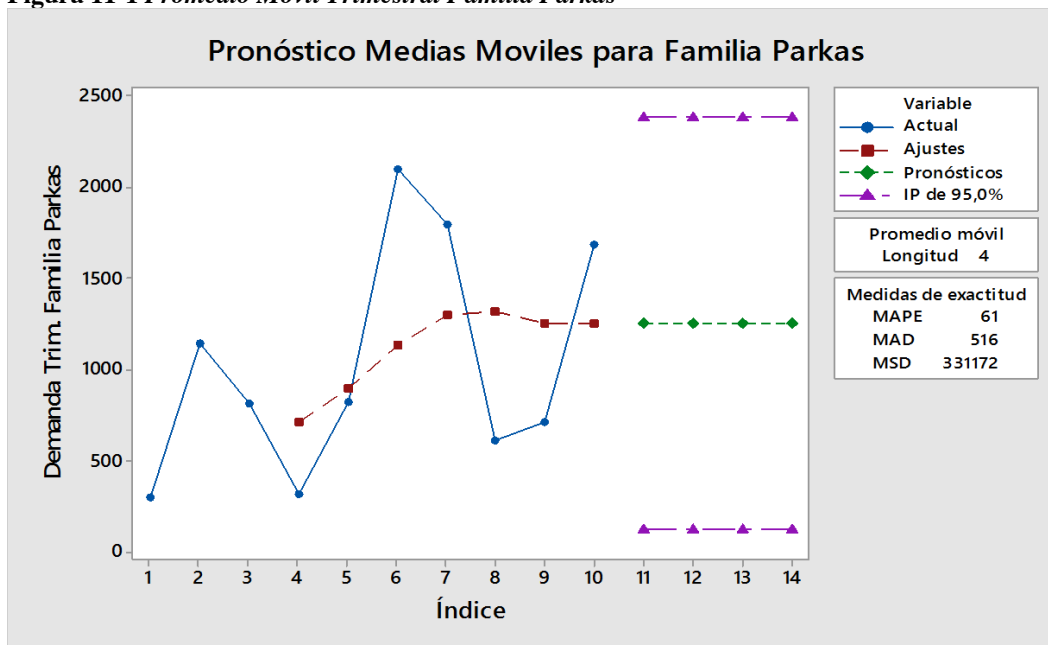
11.1 Métodos de Pronósticos Medias Móviles Simple

El método de pronóstico móvil simple se utiliza cuando se quiere dar más importancia a conjuntos de datos más recientes para obtener la previsión. Cada punto de una media móvil de una serie temporal es la media aritmética de un número de puntos consecutivos de la serie, donde el número de puntos es elegido de tal manera que los efectos estacionales y / o irregulares sean eliminados. En el sub-apartado posterior se analizará la familia parkas utilizando este método, para luego exponer un resumen por familia con sus conclusiones.

11.1.1 Familia de Parkas

La Figura 11-1 compara los valores de la serie de observaciones de familia de parkas, con los de la serie suavizada por el método de promedios móviles simple con $k=4$.

Figura 11-1 Promedio Móvil Trimestral Familia Parkas



*El intervalo de predicción (IP)¹⁸ de 95% es el rango de valores probables para la media de demanda en el tiempo; Fuente Elaboración propia utilizando Software Minitab

¹⁸ El intervalo de predicción se aplica cuando es importante determinar un límite para un solo valor. Ni la media ni la ubicación de la mayoría de la población son la cuestión clave, sólo se requiere la ubicación de una sola nueva observación.

Los errores asociados a este pronósticos son: MAPE = 61; MAD=516 y MSD= 331.172. Se puede apreciar que la serie pronosticada presenta un error del 61%, lo que implica un sesgo, esto es, el modelo está constantemente pronosticando valores que sobrestiman y subestiman para todos los períodos observados en 516 unidades.

11.1.1.1 Análisis por Familia

Los errores asociados a este pronóstico para cada familia se ilustran en la Tabla 11-2

Tabla 11-2 Resumen de los errores con Medias Móviles para cada Familia

ERRORES	PARKAS	PANTALÓN	PULLOVER
MAPE [%]	61%	11%	25%
MAD [UN.]	516	299	356
MSD[UN.^2]	331.172	122.465	163.275

Fuente: Elaboración Propia

Tal como muestra la figura anterior, el método de pronóstico con medias móviles simple presenta un menor error para la familia pantalón con un 11%, luego la familia pullover con un 25% y el menos preciso es para la familia parkas con un 61%, valor fuera de los normal debido a, como se verá en los apartados posteriores, la presencia de una estacionalidad muy marcada en la familia parkas.

11.2 Suavización exponencial Simple

Mientras que el método de promedios móviles toma en cuenta sólo las observaciones más recientes, la suavización exponencial simple ofrece un promedio móvil con peso exponencial para todos los valores previos observados.

La suavización exponencial es un procedimiento para revisar de forma continua un pronóstico a la luz de la experiencia más reciente.

Cuando alfa es cercano a 1, el nuevo pronóstico será, en esencia, la observación actual. (Asimismo, el nuevo pronóstico será el pronóstico anterior más un ajuste sustancial por cualquier error que haya ocurrido en el pronóstico precedente). A la inversa, cuando α es cercano a cero, el nuevo pronóstico será muy similar al pronóstico anterior, y la observación actual tendrá muy poco efecto. (J. Hanke, Novena Edición 2010, p.120)

11.2.1 Análisis de Familia de Parkas

Para seleccionar el valor de alfa en la familia de parkas que produzca el error más pequeño para usarlo en la generación de futuros pronósticos. Con base en la minimización del error cuadrático medio (MSD), durante los 10 trimestres, es mejor la constante de suavización 0.05, si se comparan los errores porcentuales absolutos medios (MAPE), la constante de suavización de 0.05 también es mejor. A continuación en la Tabla 11-4 se resume los diferentes valores que toma alfa.

Tabla 11-3 Análisis de alfas y sus errores para Familia Parkas

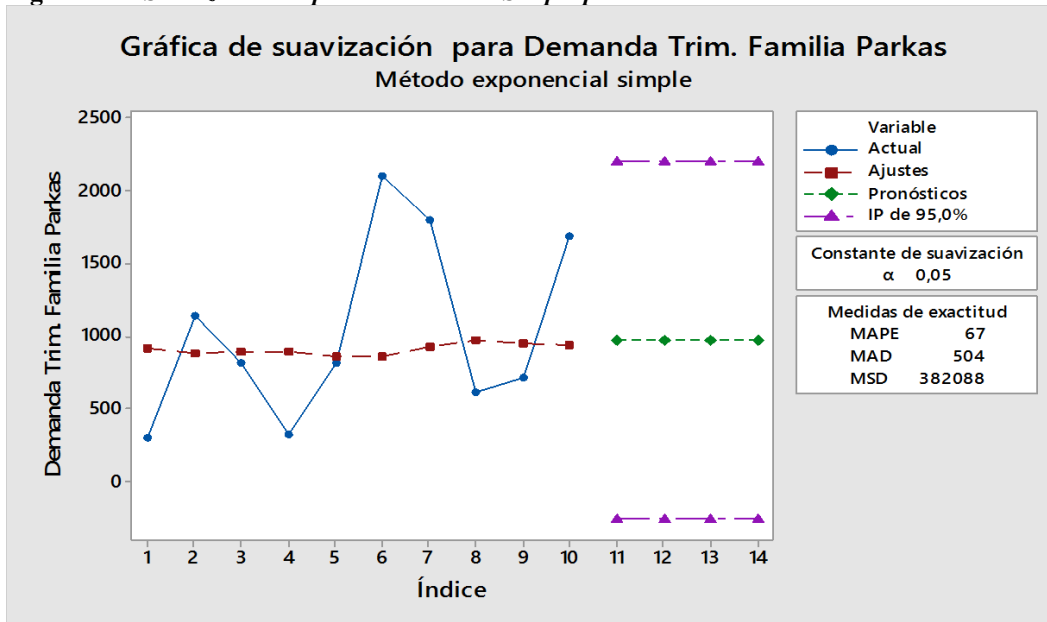
α^*	MSE[UN.^2]	MAPE [%]	MAD [UN.]
0.9	570.894	86%	531
0.5	485.427	81%	593
0.1	391.471	68%	509
0.05	382.088	67%	504

*Los datos de los 10 trimestres se usaron como datos de prueba para ayudar a determinar el valor más adecuado de alfa

Fuente: Elaboración Propia

La Figura 11-2 compara los valores de la serie de observaciones de familia de parkas, con los de la serie suavizada por el método de suavizamiento exponencial simple.

Figura 11-2 Suavización Exponencial Lineal Simple para Familia Parkas



*El intervalo de predicción (IP) de 95% es el rango de valores probables para la media de demanda en el tiempo; Fuente: Elaboración propia utilizando Software Minitab

11.2.1.1 Análisis Por Familia

Los errores asociados a este pronóstico para cada familia se ilustran en la Tabla 11-3, donde se analiza mediante iteración “ α ” el cual arrojará menor error MSD y MAPE.

Tabla 11-4 Resumen de los errores con Suavizamiento Exponencial para cada Familia

ERRORES	PARKAS	PANTALÓN	PULOVER
MAPE [%]	67%	14%	32%
MAD [UN.]	504	351	430
MSD[UN.^2]	382.088	209.860	246.074
α	0,05	0,25	0,99

Fuente: Elaboración Propia

Con base en esta evidencia, la suavización exponencial no se ajusta mejor que los pronósticos de Medias Móviles para las tres familias de productos, tanto el MSD como el MAPE son grandes sobre todo para la familia de parkas, con base en estos estadísticos de resumen, es evidente que la suavización exponencial no representa bien estos datos.

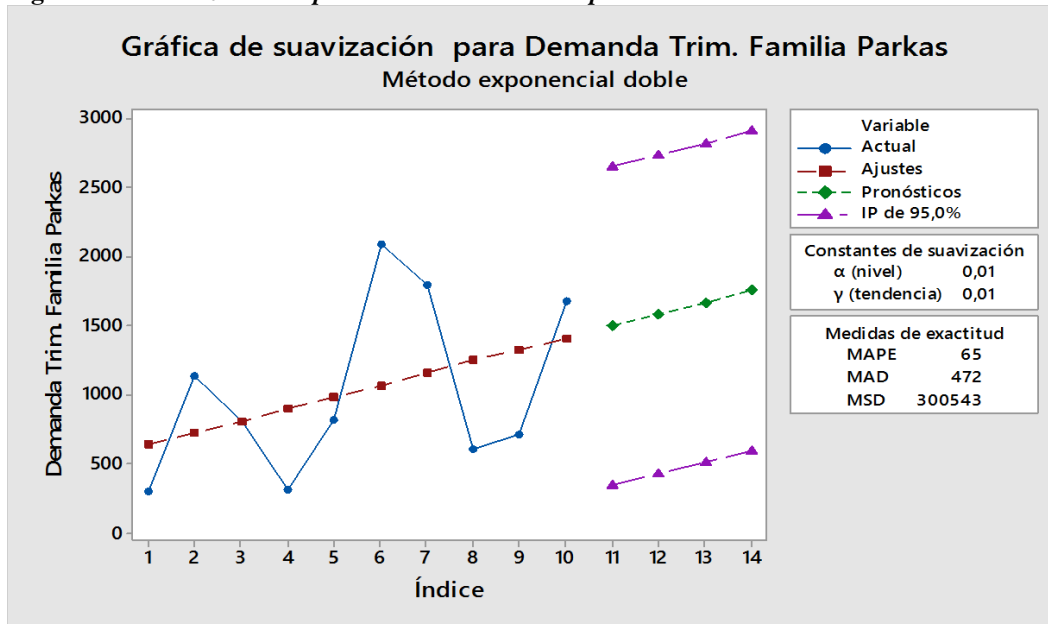
11.3 Suavización exponencial ajustada a la tendencia: Método de Holt

En la suavización exponencial simple supone que el nivel de las series de tiempo varía ocasionalmente, y se requiere un estimado del nivel actual, donde en algunas situaciones, los datos observados tienen una tendencia clara y contienen información que permite anticipar movimientos futuros ascendentes. Cuando éste es el caso, se necesita una función de Suavizamiento Exponencial ajustada a la tendencia.

11.3.1 Análisis de Familia de Parkas

La suavización exponencial simple no produjo pronósticos exitosos de las ventas de parkas. Como la figura 11-3 sugiere que hay una tendencia en estos datos, se usa la suavización exponencial lineal de Holt para desarrollar los pronósticos.

Figura 11-3 Suavización Exponencial Lineal de Holt para Familia Parkas



*El intervalo de predicción (IP) de 95% es el rango de valores probables para la media de demanda en el tiempo; Fuente: Elaboración propia utilizando Software Minitab

Con base en la minimización del MSD durante el periodo 2013 a 2016, la suavización lineal de Holt (con $\alpha = 0,01$ y $\beta = 0,01$) se reproduce los datos mejor que la suavización exponencial simple que usó una constante de suavización de 0,05. Una comparación de los MAPE indica que son similares. Cuando se comparan los pronósticos de las ventas actuales de los 10 trimestres una vez más la suavización de Holt y la suavización exponencial simple son comparables. (Ver Tabla 11-6).

Tabla 11-5 Suavizamiento Exponencial Simple vs Suavizamiento lineal de Holt

CONSTANTE DE SUAVIZACIÓN	MAPE[%]	MAD [UN.]	MSD[UN.^2]
$\alpha = 0.05$	67%	504	382.088
$\alpha = 0.01; \beta = 0.01$	65%	472	300.543

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados arrojados (Véase la Tabla 11-6) no son muy diferentes porque la constante alfa de suavización es aproximadamente la misma en ambos casos y la constante de suavización β es pequeña. (Para $\beta = 0$, la suavización lineal de Holt se convierte en una suavización exponencial simple).

11.3.1.1 Análisis por Familias

La suavización exponencial simple no produjo pronósticos exitosos de los datos de ventas de las tres familias. Como la Tabla 11-5 sugiere que hay una tendencia en estos datos, se usa la suavización exponencial lineal de Holt para desarrollar los pronósticos.

Los errores asociados a este pronóstico para cada familia se ilustran en la Tabla 11-5.

Tabla 11-6 Resumen de los errores con método Holt para cada Familia

ERRORES	PARKAS	PANTALÓN	PULOVER
MAPE [%]	65%	11%	26%
MAD [UN.]	472	261	363
MSD[UN.^2]	300.543	115.502	208.751
α	0,01	0,01	0,05
β	0,01	0,01	0,1

Fuente: Elaboración

Con base en la minimización del MSD durante el periodo 2014 a 2016, la suavización lineal de Holt reproduce los datos mejor que la suavización exponencial simple, sobre todo ajustándose de mejor manera para la familia de pantalones.

11.4 Suavización exponencial ajustada a la tendencia y a la variación estacional: Método de Winters

Todos los métodos de pronósticos descritos anteriormente manejan la estacionalidad primero ajustando estacionalmente los datos, después aplicando el modelo de pronóstico, y por último regresando la estacionalidad. El procedimiento Suavizamiento Exponencial de Winter maneja la estacionalidad directamente al mismo tiempo que estima el nivel y la tendencia. Esto extiende el procedimiento de Holt adhiriendo un parámetro adicional γ para usar un tercer suavizador, este método podría representar mejor los datos y reducir el error de pronóstico.

11.4.1 Análisis de Familia de Parkas

En la Tabla 11-7 se presenta la técnica de Winters, para $\alpha=0,95$, $\beta=0,01$, $\gamma=0,01$ para los datos de parkas de Butka Ltda.

El valor de alfa sirve para suavizar los datos y crear un nivel estimado. La constante de suavización beta, se utiliza para crear una estimación suavizada de la tendencia. La constante

de suavización gama se emplea para crear una estimación suavizada del componente estacional en los datos.

Los resultados se muestran en la Tabla 11-8 y en la Figura 11-4. Los cálculos para obtener el valor del pronóstico del trimestre 10, se presentan a continuación.

Tabla 11-7 Método Holt-Winters, para Familia Parkas

TRIMESTRE	DDA. TRIMESTRAL	L _t	T _t	S _t	PRONÓSTICOS	ERROR
1	296	496,57	-28,95	0,61	414,62	-118,62
2	1143	689,03	-26,74	1,63	762,80	380,20
3	809	622,76	-27,13	1,30	863,24	-54,24
4	317	688,36	-26,21	0,46	272,36	44,64
5	815	1306,71	-19,76	0,61	402,53	412,47
6	2097	1285,37	-19,78	1,63	2099,71	-2,71
7	1793	1370,15	-18,73	1,30	1649,55	143,45
8	606	1326,46	-18,98	0,46	618,01	-12,01
9	712	1177,73	-20,28	0,61	795,05	-83,05
10	1683	1037,84	-21,47	1,63	1888,43	-205,43

Fuente: Elaboración propia

1. La serie suavizada exponencialmente o nivel estimado:

$$L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (11-1)$$

$$L_{10} = 0,95 \frac{Y_{10}}{S_{10-4}} + (1 - 0,95)(L_{10-1} + T_{10-1})$$

$$L_{10} = 0,95 \frac{1.683}{1,631} + (1 - 0,95)(1.177,73 - 20,28)$$

$$L_{10} = 1.037,83$$

2. El estimado de la tendencia:

$$T_t = \beta (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta) T_{t-1} \quad (11-2)$$

$$T_{10} = \beta (L_{10} - L_{10-1}) + (1 - \beta) T_{10-1}$$

$$T_{10} = 0,01 (1.037,83 - 1.177,73) + (1 - 0,01) * -20,28$$

$$T_{10} = -21,47$$

1. El estimado de la estacionalidad:

$$S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1 - \gamma) S_{t-s} \quad (11-3)$$

$$S_{10} = \gamma \frac{Y_{10}}{L_{10}} + (1 - \gamma) S_{10-4}$$

$$S_{10} = 0,01 \frac{1.683}{1.037,83} + (1 - 0,01) * 1,63$$

$$S_{10} = 1,63$$

El pronóstico para el primer periodo, en el futuro

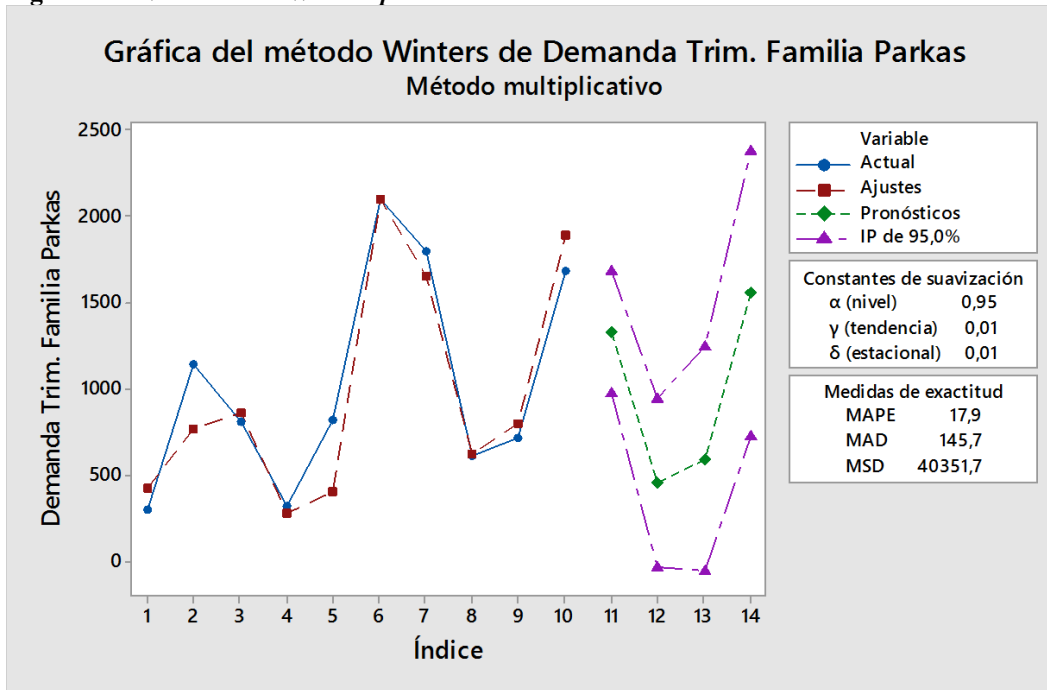
$$F_{10+1} = (L_{10} + 1T_{10})S_{10-4} \quad (11-4)$$

$$F_{11} = (1.037,83 - 21,47) * 1,63$$

$$F_{11} = 1324,75$$

Para los valores de los parámetros considerados, la técnica de Winters es mejor que los dos procedimientos de suavización anteriores en términos de la minimización del MSE. Cuando se comparan los pronósticos de las ventas reales para el primer trimestre de 2016, la técnica de Winters también parece hacer un mejor trabajo.

Figura 11-4 Método Holt-Winters para Familia Parkas



*El intervalo de predicción (IP) de 95% es el rango de valores probables para la media de demanda en el tiempo; Fuente Elaboración propia utilizando Software Minitab

Finalmente los resultados arrojaron que el comportamiento que siguen los datos históricos de las ventas reales de acuerdo a las ventas proyectadas correspondientes al año 2013 y parte del 2016 de la empresa de estudio, existe tendencia y estacionalidad.

Para la familia de parkas y Pullover los datos presentan componentes estacionales en donde se deja en manifiesto que las ventas están influidas por la temporada de invierno, mientras que para la familia de pantalones la estacionalidad no es clara.

Al aplicar los Métodos de Pronósticos que correspondan para el comportamiento identificado, tal como se ilustra la Figura 11-5 y 11-7 donde se compararán las proyecciones obtenidas de cada Método de Pronóstico, la selección de aquel que mayor precisión ofrece al caso de estudio es de Holt-Winter para Familia de parkas y Pullover, para pantalones el de suavizamiento exponencial doble es el que mejor se ajusta a la datos.

11.4.1.1 Análisis por Familias

La suavización exponencial doble no produjo pronósticos exitosos de los datos de ventas de las tres familias. Como las tablas anteriores sugieren, hay una tendencia y estacionalidad en estos datos, por ello se analizará la técnica de Holt-Winters para desarrollar los pronósticos. (Ver Tabla 11-7)

Tabla 11-8 Resumen de los errores con Método Holt-Winters para cada Familia

ERRORES	PARKAS	PANTALÓN	PULLOVER
MAPE [%]	17,9%	16%	22%
MAD [UN.]	145,7	368	269
MSD[UN.^2]	40.351,7	176.313	119.453
α	0,95	0,3	1
β	0,01	0,55	0,01
γ	0,01	0,01	0,05

Fuente: Elaboración Propia

Tal como muestra la tabla anterior, las familias parkas y pullover presentan un menor error MSD y MAD a diferencia de los tres métodos anteriores; únicamente para las familias pantalón este método genera el mayor error, siendo el MSD de 176.313 con el método Holt-Winters, en contraste con el método Holt (expuesto en el sub-apartado anterior), donde arrojó un error MSD de 115.502 unidades cuadradas.

11.5 Análisis de Errores para cada Métodos de Pronósticos

En el apartado anterior se analizó los distintos métodos de pronóstico de demanda analizando los errores para cada Familia de producto utilizando los indicadores de errores MSD, MAPE y MAD; en el cual se pudo apreciar que dependiendo de sus componentes estacionales y tendenciales era un método mejor que otro para realizar proyecciones. A continuación en la Tabla 11-9 se muestran de manera empírica los distintos métodos de pronósticos aplicados a las tres familias con sus respectivos errores, el cual resume los valores mostrados en los apartados anteriores.

Tabla 11-9 Análisis de Errores según Métodos de Pronósticos

METODOS	Familia Parkas			Familia Pantalones			Familia Pullover		
	MSD	MAD	MAPE	MSD	MAD	MAPE	MSD	MAD	MAPE
MEDIAS MOVILES	331.172	516	61	122.465	299	11	163.275	356	25
SUAVIZAMIENTO SIMPLE	382.088	504	67	209.860	351	14	246.074	430	32
SUAVIZAMIENTO EXPONENCIAL DOBLE	300.543	472	65	115.502	261	11	208.751	363	26
HOLT-WINTERS	40.352	146	18	176.313	368	16	119.453	269	22

Fuente: Elaboración propia

Tal como muestra la tabla anterior, el método Holt-Winters genera el menor Error Cuadrático Medio (MSD) y Error Absoluto Medio (MAD) para las Familias Parkas y Pullover, debido a que como se mencionó en los capítulos anteriores, estas Familias presentan estacionalidad y tendencia, donde el modelo con mayor afinidad para estos casos es el de *Holt-Winters*.

Para el caso de la Familia Pantalones al presentar una marcada tendencia, y no mostrar una estacionalidad como en el caso de las otras dos familias, el método con menor error asociado a MSD y MAD es el *Suavizamiento Exponencial Doble*. A continuación en el apartado 11-6 se analiza de manera gráfica los distintos métodos de pronósticos utilizados para cada familia.

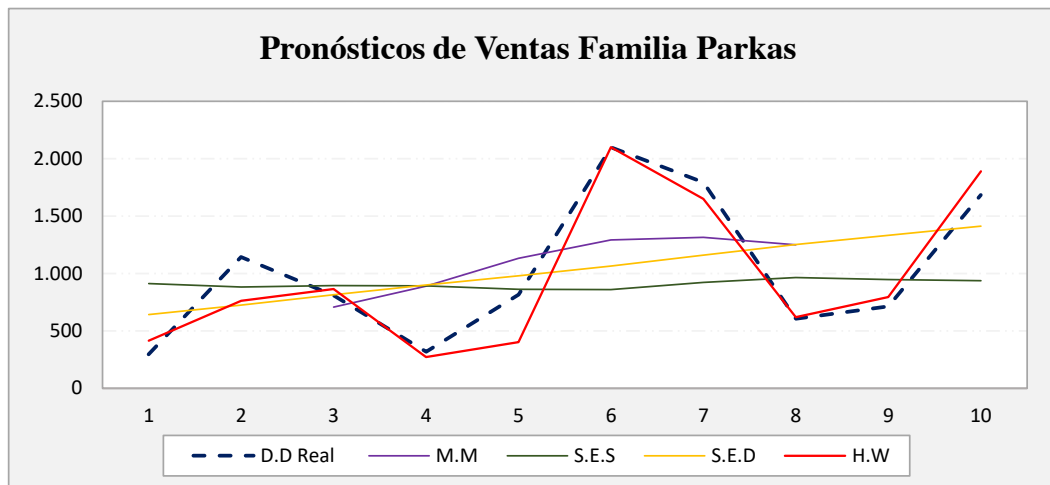
En el Anexo H se presentan más estudios respecto los errores, utilizando los métodos de pronósticos anteriormente mencionados de manera mensual.

11.6 Selección de Métodos de Pronósticos y Proyecciones por Familia

11.6.1 Selección Método de Pronósticos Familia Parkas

En la Figura 11-5 se presentan los distintos comportamientos de los modelos de pronósticos ajustados a la demanda real, los cuales se aprecian a continuación.

Figura 11-5 Comparación de los modelos de pronósticos versus demanda Real, Familia Parkas



Demanda Real (D.D Real), Medias Móviles (M.M), Suavizamiento Exponencial Simple (S.E.S), Suavizamiento Exponencial Doble (S.E.D) y Holt- Winters (H.W)

Fuente: Elaboración propia

Tal como muestra la Figura 11-5, del comportamiento de la demanda real para los diez periodos (D.D Real), el método que mejor se ajusta a la curva es el de Holt-Winters (curva H.W) con un error cuadrático medio de 40.351 (unidades cuadradas) y un error absoluto medio de 146 (unidades), debido a su comportamiento estacional en los trimestres de Otoño-Invierno. El segundo modelo sugerido para pronosticar es el de Holt (curva S.E.D) con un error cuadrático medio de 300.543, el cual es poco recomendable debido a su falta de análisis de la componente estacional.

Para el modelo Holt-Winters se realizaron variadas iteraciones de los coeficientes (Ver Anexo J), de las cuales se utilizó para el modelo la combinación que demostró menor error cuadrático, arrojando los siguientes valores para periodos futuros (Ver Tabla 11-10).

Tabla 11-10 Resumen de Pronósticos Trimestrales y Proyecciones para periodos Futuros, Familia Parkas

PRONÓSTICOS [UNIDADES]	MEDIAS MÓVILES	SUAVIZAMIENTO EXPONENCIAL	MÉTODO HOLT	Método Seleccionado MÉTODO HOLT-WINTERS
1° Período	1.250	973	1.499	1.325
2° Período	1.250	973	1.585	455
3° Período	1.250	973	1.671	592
4° Período	1.250	973	1.757	1.553

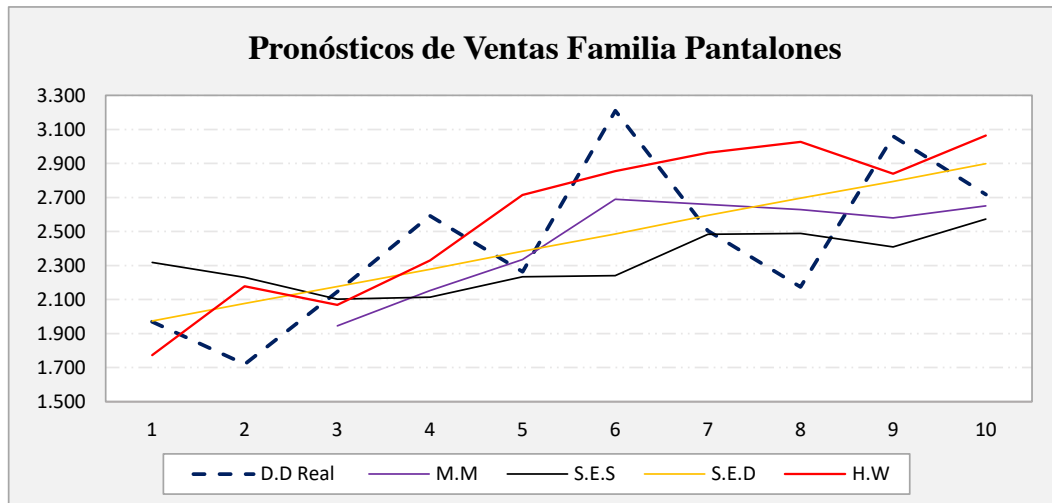
*En el Anexo H se presenta la evaluación y selección de método de pronóstico mensual a utilizar por Familia, y los valores de sus proyecciones correspondientes.

Fuente: Elaboración propia

11.6.2 Selección Método de Pronóstico Familia Pantalones

En la Figura 11-6 se presentan los distintos comportamientos de los modelos de pronósticos ajustados a la demanda real, los cuales se aprecian a continuación.

Figura 11-6 Comparación de los modelos de pronósticos versus demanda Real, Familia Pantalones



Demanda Real (D.D Real), Medias Móviles (M.M), Suavizamiento Exponencial Simple (S.E.S), Suavizamiento Exponencial Doble (S.E.D) y Holt- Winters (H.W)

Fuente: Elaboración propia

Tal como muestra la Figura 11-6, del comportamiento de la demanda real para los diez periodos (D.D Real), el método que mejor se ajusta a la curva es el de Holt (S.E.D) con un error cuadrático medio de 115.502(unidades cuabras) y un error absoluto medio de 261(unidades), debido a la ausencia de estacionalidad y marcada tendencia de su componente tendencial. El segundo modelo sugerido para pronosticar es el Suavizamiento Exponencial Simple (curva S.E.S) con un error cuadrático medio de 209.860(unidades cuadradas), el cual es poco recomendable debido al análisis de su error cuadrático.

Para el modelo Suavizamiento Exponencial Doble se realizaron variadas iteraciones de los coeficientes (Ver Anexo J), de las cuales se utilizó para el modelo la combinación que demostrara menor error cuadrático, arrojando los siguientes valores para periodos futuros (Ver Tabla 11-11).

Tabla 11-11 Resumen de Pronósticos Trimestrales y Proyecciones para periodos Futuros, Familia Pantalones

PRONÓSTICOS [UNIDADES]	MEDIAS MÓVILES	SUAVIZAMIENTO EXPONENCIAL	Método Seleccionado	MÉTODO HOLT- WINTERS
			MÉTODO HOLT	
1° Período	2.650	2.609	3.000	2.725
2° Período	2.650	2.609	3.103	2.762
3° Período	2.650	2.609	3.205	2.820
4° Período	2.650	2.609	3.308	2.914

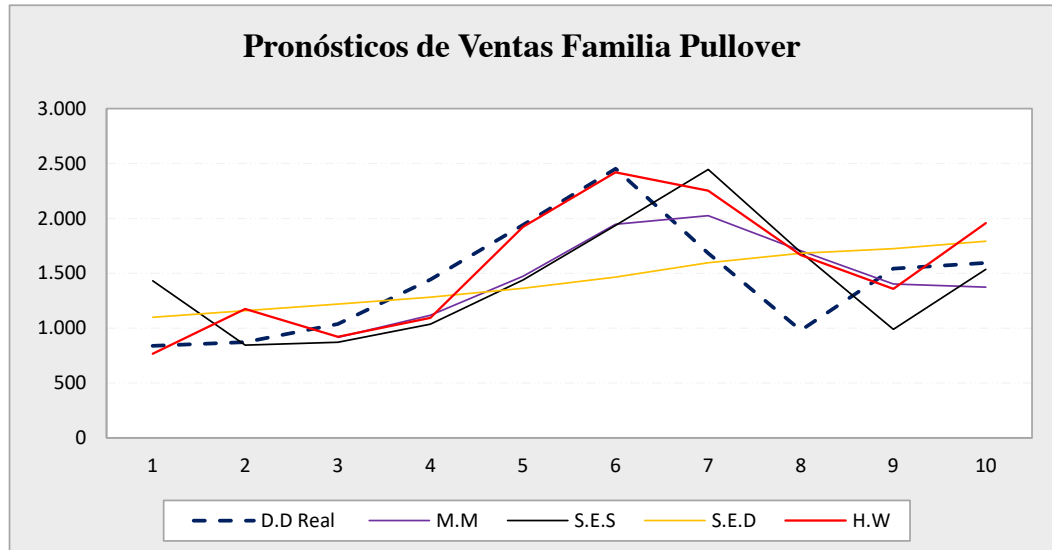
**En el Anexo H se presenta la evaluación y selección de método de pronóstico mensual a utilizar por Familia, y los valores de sus proyecciones correspondientes.*

Fuente: Elaboración propia

11.6.3 Selección Método de Pronóstico Familia Pullover

En la Figura 11-7 se presentan los distintos comportamientos de los modelos de pronósticos ajustados a la demanda real, los cuales se aprecian a continuación.

Figura 11-7 Comparación de los modelos de pronósticos versus demanda Real, Familia Pantalones



Demanda Real (D.D Real), Medias Móviles (M.M), Suavizamiento Exponencial Simple (S.E.S), Suavizamiento Exponencial Doble (S.E.D) y Holt- Winters (H.W)

Fuente: Elaboración propia

Tal como muestra la Figura 11-7, del comportamiento de la demanda real para los diez periodos (D.D Real), el método que mejor se ajusta a la curva es el de Holt-Winters (curva H.W) con un error cuadrático medio 119.453 (unidades cuadradas) y un error absoluto medio de 269(unidades), debido a su comportamiento estacional y tendencial. El segundo modelo sugerido para pronosticar es el de Holt (curva S.E.D) con un error cuadrático medio de 208.751(unidades cuadradas) y un error absoluto medio de 363(unidades), el cual es poco recomendable debido a su falta de análisis de la componente estacional.

Para el modelo Holt-Winters se realizaron variadas iteraciones de los coeficientes (Ver Anexo J), de las cuales se utilizó para el modelo la combinación que demostrara menor error cuadrático, arrojando los siguientes valores para periodos futuros (Ver Tabla 11-12).

Tabla 11-12 Resumen de Pronósticos Trimestrales y Proyecciones para periodos Futuros, Familia Pullover

				Método Seleccionado
PRONÓSTICOS [UNIDADES]	MEDIAS MÓVILES	SUAVIZAMIENTO EXPONENCIAL	MÉTODO HOLT	MÉTODO HOLT- WINTERS
1° Período	1.372	1.593	1.857	1.518
2° Período	1.372	1.593	1.932	1.511
3° Período	1.372	1.593	2.007	1.987
4° Período	1.372	1.593	2.083	2.455

**En el Anexo H se presenta la evaluación y selección de método de pronóstico mensual a utilizar por Familia, y los valores de sus proyecciones correspondientes.*

Fuente: Elaboración propia

12 Validación de los Errores

Corresponden a variaciones que no pueden explicarse mediante tendencias, estacionalidades y/o ciclos. Se deben, habitualmente a situaciones imprevistas, como huelgas o terremotos, son de corta duración y no se repiten. (Ortiz-Secattore 2013, p.557)

La diferencia entre el valor observado y el pronosticado se denomina error o residuo del pronóstico y representa una estimación del componente aleatorio. El error del pronóstico se define como $e_i = Y_i - F_i$, o sea, es la diferencia entre el valor pronosticado F_i y el valor observado Y_i . Lo que interesa es el comportamiento del error a lo largo del tiempo o para el conjunto de datos. Si el modelo utilizado para pronosticar es adecuado, los residuos deben distribuirse aleatoriamente a lo largo de toda la serie.

Esto implica que al eliminar los componentes sistemáticos, debería quedar una serie estacionaria: la del componente irregular. Si los residuos no tienen una variación aleatoria, significaría que existe una tendencia y/o estacionalidad que no se ha identificado. En consecuencia, el análisis de los errores es fundamental cuando se realizan pronósticos.

Un proceso estocástico se dice que es estacionario si su media y su varianza son constantes en el tiempo y si la covarianza entre los valores de dos períodos depende solamente de la distancia o rezago entre estos dos periodos y no del tiempo en el cual se ha calculado la covarianza. Un ruido blanco es un proceso estocástico que se asume forma parte del componente de error de todo modelo de serie de tiempo, y es tal que sus valores son independientes e idénticamente distribuidos en el tiempo, con media cero y varianza constante. Es decir, si el modelo es correcto, entonces los errores de pronóstico deben ser ruido blanco. Por lo tanto, es necesario verificar si el modelo utilizado cumple este supuesto. Si los residuos para el conjunto de observaciones consideradas son aleatorios, debe parecer que éstos han sido seleccionados en forma aleatoria e independiente de poblaciones distribuidas normalmente, cuya media es cero y su varianza es constante. (Ortiz-Secattore 2013, p.558)

13 Análisis del Error

Cuando se selecciona un modelo para un conjunto de datos, frecuentemente no se puede estar seguro a priori de que ese modelo sea adecuado. Puede suceder que alguna o varias características del modelo tales como la normalidad de los términos de error o la independencia en los datos investigados no se verifiquen. Por lo tanto, es importante examinar la adecuación del modelo a los datos.

Si el modelo es apropiado para los datos, los residuos observados reflejarán las propiedades exigidas a las perturbaciones donde:

“Los errores son variables aleatorias independientes y normalmente distribuidas con media cero y varianza constante σ^2 ” (Ortiz-Secattore 2013, p.558)

13.1 Validación de aleatoriedad

Un modelo aleatorio simple, a menudo llamado modelo de ruido blanco, está representado por la ecuación 13-1. La observación Y_t se compone de dos partes: c , el nivel general; y e_t , el componente de error aleatorio. Es importante advertir que se supone que el componente e_t no está correlacionado de un periodo a otro. (J. Hanke, Novena Edición 2010, p.69)

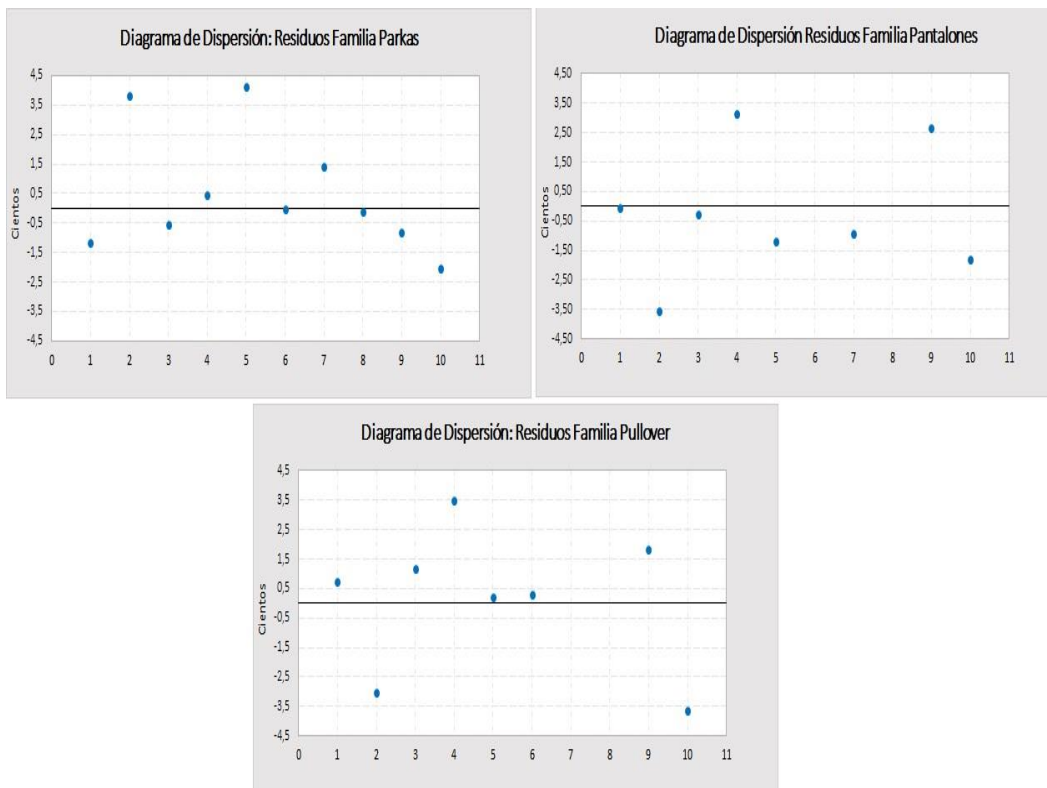
$$Y_t = c + e_t \quad (13-1)$$

Para verificar la existencia de ruido blanco, se partirá comprobando si los residuos para el conjunto de observaciones considerados son aleatorios, debe parecer que éstos han sido seleccionados en forma aleatoria e independiente de poblaciones distribuidas normalmente, cuya media es cero y su varianza es constante.

13.1.1 Diagrama de Dispersión

Para validar la aleatoriedad de los datos se utilizó gráfico de dispersión para las tres familias, que es el estudio más sencillo de la relación entre dos variables, Sobre la base de la evidencia de la muestra que se indica en la figura 13-1, podría concluirse que en el mundo que contiene todos los puntos de datos X-Y, no existe relación alguna ya que no se observa un patrón definido para ninguna de las tres familias en estudio.

Figura 13-1 *Gráfico de Dispersión de Residuos por Familias*



Fuente: Elaboración propia

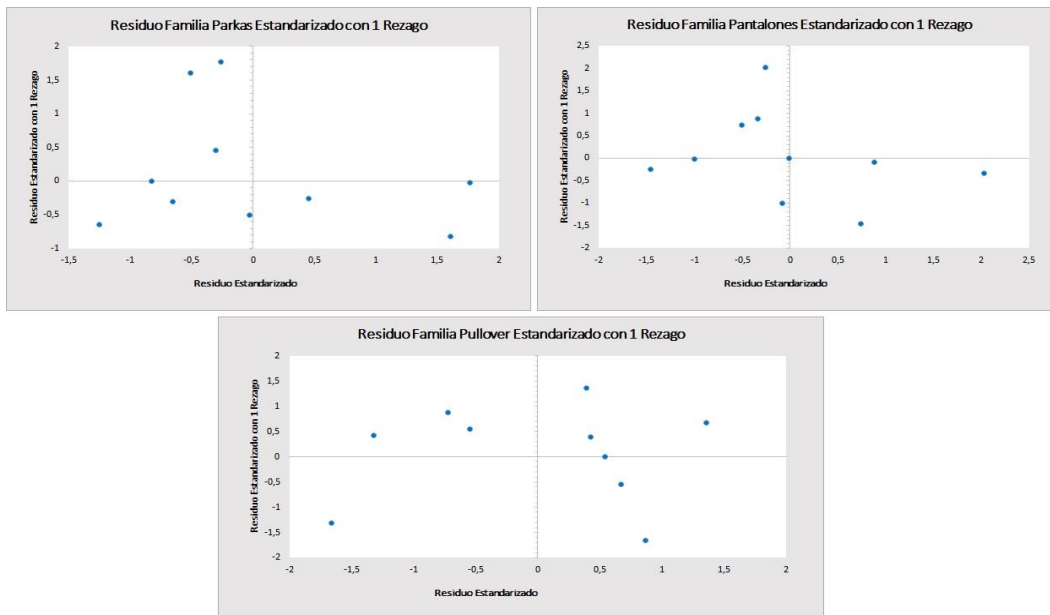
13.1.2 Diagrama de Rezago

Para la prueba de independencia de los errores, se pueden utilizar los residuos estandarizados, pues permiten comparar, en la misma escala, diferentes modelos de pronóstico. El error estandarizado del pronóstico para el período t se denota e_t y su fórmula de cálculo es:

$$\hat{e}_t = \frac{e_t - \bar{e}}{s_e} \quad (13-2)$$

Donde \hat{e}_t es el valor medio de los errores y s_e es la desviación estándar muestral. Luego, los errores estandarizados deben ser independientes y tener una distribución normal con media 0; 0 y varianza igual a 1; 0. Para analizar la independencia, tanto de los residuos estandarizados como de los residuos, se puede usar un diagrama de un rezago (valores retrasados en un período) versus valores sin rezago: si los puntos generan una nube sin forma identificable, se tendría independencia, es decir, no habría autocorrelación. Tal sería el caso de la Figura 13-2 para cada una de las familias estudiadas.

Figura 13-2 Gráfico de Rezago de los Residuos por Familias



Fuente: Elaboración propia

13.1.3 Coeficiente de Autocorrelación

Otra forma de comprobar la aleatoriedad de los residuos es mediante que el coeficiente de autocorrelación de orden k ¹⁹ es:

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (e_t - \bar{e})(e_{t-k} - \bar{e})}{\sum_{t=1}^n (e_t - \bar{e})^2} \quad (13-3)$$

El coeficiente r_k mide la relación lineal entre las observaciones de una serie temporal separadas por un desfase de k períodos. Se puede demostrar que el valor de r_k está entre -1 y 1. Un valor cercano a 1 indica que las observaciones distanciadas k unidades de tiempo tienen una fuerte relación lineal positiva.

El coeficiente de autocorrelación de retraso 1, 2, 3, 4 (r_1, r_2, r_3, r_4), es decir, la autocorrelación entre e_t y e_{t-k} , se calcula usando la ecuación 13-3. De modo como sugieren los resultados en la Tabla 13-1, en esta serie de tiempo no hay una autocorrelación positiva ni negativa para los retrasos evaluados en ninguna de las familias de productos.

Tabla 13-1 Análisis de correlaciones de 4 Retrasos

N° Retrasos	PARKAS	PANTALÓN	PULLOVER
r_1	-0,187	-0,284	0,075
r_2	0,028	-0,154	-0,078
r_3	0,220	0,229	-0,009
r_4	-0,331	-0,506	-0,272

Fuente: Elaboración propia

¹⁹ Autocorrelación es la correlación existente entre una variable y la misma variable desfasada (rezagada) k períodos, $k = 1; 2; 3; \dots$

13.1.4 Prueba de Durbin Watson

Para detectar la presencia de autocorrelación de primer orden (entre valores sucesivos) en una serie, una de las pruebas estadísticas que se utiliza con frecuencia es la de Durbin Watson ecuación 13-4 Este estadístico se define de la siguiente manera:

$$d = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2} \quad (13-4)$$

El coeficiente d adopta valores entre 0 y 4. Un valor cercano a cero indica autocorrelación positiva, mientras que uno cercano a 4, autocorrelación negativa. Un valor próximo a 2 indica ausencia de autocorrelación. La Tabla 13-2 resume el valor del estadístico para cada familia.

Tabla 13-2 Prueba de Durbin y Watson

ERRORES	PARKAS	PANTALÓN	PULOVER
d	2,03	2,54	1,60

Fuente: Elaboración propia

El estadístico arroja valores que están próximos a 2, corroborando la ausencia de autocorrelación de los residuos.

Finalmente se concluye que no existe aleatoriedad en la serie de datos para las tres familias ya que las autocorrelaciones entre e_t y e_{t-k} para cualquier retraso de tiempo k son cercanas a cero (Ver Tabla 13-1, Análisis de correlaciones de 4 Retrasos). Los valores sucesivos de una serie de tiempo no están relacionados entre sí, confirmándolo la prueba de Durbin Watson.

En base a lo anterior no se observa ninguna tendencia sistemática que haga sospechar del incumplimiento de la suposición de independencia.

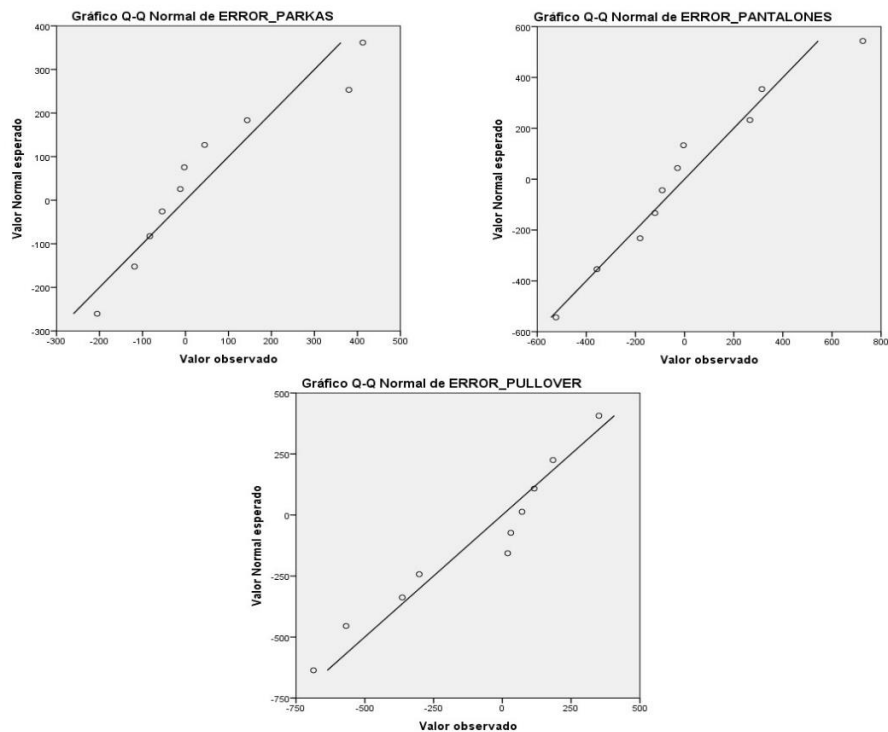
Después de analizar la independencia de los residuos, pasamos a estudiar la distribución de los mismos.

13.2 Validación de la normalidad

Para estudiar la distribución, una alternativa es usar un diagrama cuantil-cuantil de los residuos estandarizados versus el cuantil teórico normal. Si los puntos se ubican sobre una recta de pendiente 1,0 que pasa por el origen, como en la Figura 13-3, se podría pensar que la normal $N(0; 1)$ es un modelo apropiado para representar la distribución empírica de los residuos.

La respuesta, obtenida con Minitab, está contenida en la Figura 13-3. Los puntos en los gráficos Q-Q están razonablemente próximos a la línea recta, excepto las últimas observaciones que parecen apartadas de dicha línea, observando colas pesadas en las tres familias en los puntos en los últimos puntos, pudiendo predecir algún tipo de sesgo en las muestras.

Figura 13-3 Gráfico Q-Q de los Residuos por Familias



Fuente: Elaboración propia

Tal como muestran los tres gráficos Cuantil-Cuantil, los valores muestrales no se desvían demasiado de la diagonal principal (curva Teórica), además de la comprobación a través del Test Anderson y Darling el cual arrojó para las tres familias, valores de p sobre el 5%, lo cual demuestra la hipótesis de normalidad en los residuos. (Ver Figura 13-4).

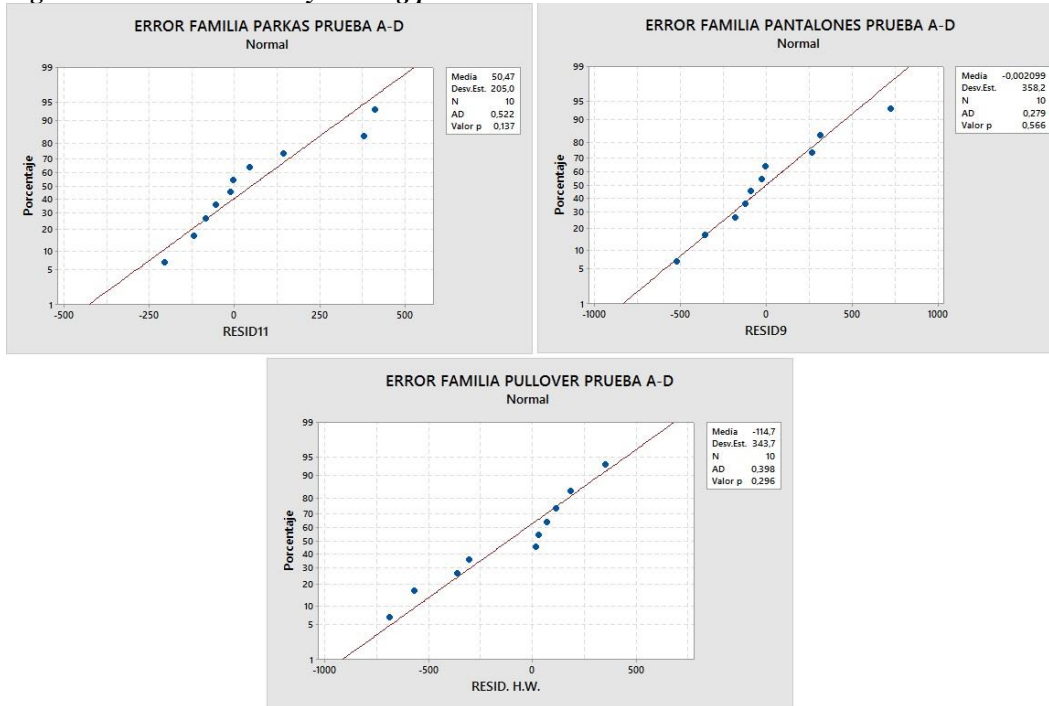
El estadístico Anderson-Darling mide qué tan bien siguen los datos una distribución específica. Para un conjunto de datos y distribución en particular, mientras mejor se ajuste la distribución a los datos, menor será este estadístico. Por ejemplo, se puede utilizar el estadístico de Anderson-Darling para determinar si los datos satisfacen el supuesto de normalidad para una prueba t.

Las hipótesis para la prueba de Anderson-Darling son:

- H_0 : Los datos siguen una distribución especificada(Normal)
- H_1 : Los datos no siguen una distribución especificada

Donde se Utiliza el valor p correspondiente para probar si los datos provienen de la distribución elegida. Si el valor p es menor que un nivel de significancia elegido (por lo general 0.05 o 0.10), entonces rechace la hipótesis nula de que los datos provienen de esa distribución. (Ver Tabla13-3)

Figura 13-4 Test Anderson y Darling para cada Familia



Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestra la tabla con los de p, donde tal como se mencionó anteriormente todos los valores se encuentran sobre el 0,05 (con un 95% de Confianza).

Tabla 13-3 Valor p Test Anderson y Darling

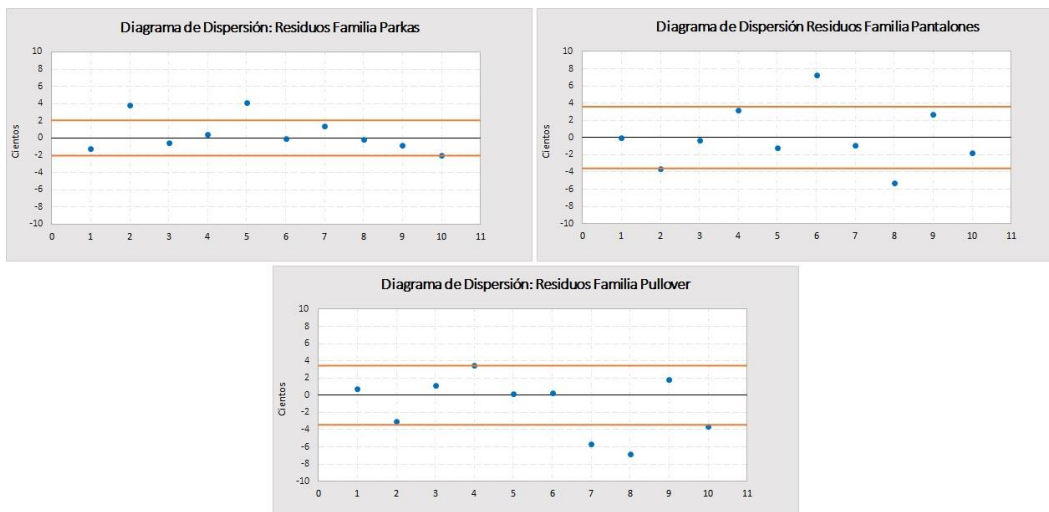
FAMILIA	VALOR P>0,05
PARKAS	0,137
PANTALÓN	0,566
PULLOVER	0,296

Fuente: Elaboración propia

13.3 Validación de Varianza Constante

Para analizar la validez del supuesto de varianza constante (homocedasticidad) se pueden estudiar los gráficos de los residuos ("t) en función del tiempo (t) o bien en función de los valores pronosticados (Ft). En la Figura 13-5, se representan gráficas en las que la varianza del error es constante, los residuos se distribuyen en una banda horizontal en torno a cero, lo que indicaría que no hay cambios significativos cuando el tiempo aumenta. Se comprobó que los residuos fluctúan en forma más o menos aleatoria alrededor de la línea base; es decir, no revelan ningún patrón lógico y esto es indicativo de que los términos de error tienen varianza constante y los residuos son independientes de los valores ajustados.

Figura 13-5 Gráfico de Varianza Constante de los Residuos por Familias



Fuente: Elaboración propia

14 Determinación de una técnica adecuada de Pronóstico

Tal como quedó mostrado en el apartado anterior, el análisis y diagnóstico de los residuos pueden ser útiles para asegurar la adecuación del modelo a los datos que se investigan. A continuación se realiza un resumen de los pasos y sus resultados según sus requerimientos, respondiendo las siguientes preguntas:

- ¿Los coeficientes de autocorrelación de los residuos son indicadores de una serie aleatoria?

Esta pregunta fue resuelta examinando la función de autocorrelación para los residuos, tal como se presentó con el cálculo de este coeficiente (Ver Tabla 13-1) y la prueba de Durbin Watson (Ver Tabla 13-2) además de la inspección gráfica a través de diagrama de dispersión arrojando como resultado la ausencia de correlación en la serie de datos para las tres familias.

- ¿La distribución de los residuos es aproximadamente normal?

Esta pregunta fue resuelta analizando la distribución de los residuos mediante el gráfico Q-Q, donde los residuos se ubican sobre una recta de pendiente 1,0 que pasa por el origen.

- ¿La varianza es constante?

Los residuos fluctúan en forma más o menos aleatoria alrededor de la línea base; es decir, no revelan ningún patrón obvio y esto es indicativo de que los términos de error tienen varianza constante.

Como conclusión, se presume la Normalidad de los residuos de los pronósticos para las tres Familias, debido al cumplimiento de las premisas de Heterocedasticidad de las muestras, Análisis Cuantil-Cuantil de las muestras en contraste con la curva teórica, y por medio del diagrama de rezago y sus retrasos (Test de Durbin y Watson).

15 Políticas de manejo de Inventario

Dados los anteriores pronósticos y seleccionados los que mejor se adecuan a la demanda se procedió a diseñar una Política de Inventario el cual tenga presente las componentes tendencial, estacionario y aleatoria. Para ello se utilizó el modelo expuesto por Chopra et. al. el cual utiliza el modelo EOQ adaptado a tamaño de lotes con múltiples productos o clientes.

A continuación en la Tabla 15-1 se muestra los resultados utilizando el Modelo de Inventario Economy Order Quantity (EOQ) simple.

Tabla 15-1 Resultados utilizando modelo EOQ

DESCRIPCIÓN	FAMILIA DE PRODUCTOS		
	Pantalón	Parka	Pullover
Demanda por Año(D)	12.615	3.925	7.471
Frecuencia de Pedido(n)	1,59	1,62	1,50
Tamaño Óptimo del Pedido(Q*)	7.941	2.425	4.976
Costo Anual de Mantener(\$/Producto)	1.299	3.903	977
Costo Anual de Ordenar(\$)	3.246.465	2.923.743	1.619.182
Tiempo de Flujo Promedio(Meses)	7,66	7,52	8,10

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 15-1 se puede apreciar el Tamaño Óptimo del Pedido (Q*), lo cual requiere realizar cada pedido de productos de manera particular dado sus distintos niveles de frecuencia(n), los cuales si bien son relativamente cercanos, no se pueden aproximar a un nivel de frecuencia genérico debido a la sensibilidad en la demanda que poseen estos productos, tal como se indica en la tabla anteriormente citada.

Por las razones anteriormente mencionadas, no es óptimo realizar los pedidos utilizando el modelo Economy Order Quantity (EOQ) simple; y es por esto que se utilizará el modelo EOQ Heurístico, utilizando tamaño de lote con múltiples productos (S. Chopra, Tercera Edición 2008, p.269).

15.1 Tamaño de Lotes con Múltiples Productos o Clientes

En general, los costos de colocación, transportación y recepción de pedidos crecen con la diversidad de los productos o los puntos de surtido. Una porción del costo fijo de un pedido puede estar relacionada con el transporte (esto depende sólo de la carga y es independiente de la variedad del producto en el camión). Una porción del costo fijo se relaciona con la carga y la recepción (este costo aumenta con la variedad en el camión). A continuación se procederá a desarrollar de qué modo el tamaño óptimo del lote puede establecerse en esa situación. El objetivo es llegar a los tamaños de lote y política de ordenar que minimicen el costo total y permita realizar pedidos con múltiples productos, dado un nivel de frecuencia constante para las tres familias, para ello se supondrá los siguientes datos:

D_i : Demanda anual del producto i .

S : Costo de ordenar en que se incurre cada vez que se coloca un pedido, independiente de la variedad de productos incluidos en el pedido.

S_i^{20} : Costo adicional de ordenar en que se incurre si el producto i se incluye en el pedido.

Para este caso, los lotes de los tres modelos se ordenan y entregan conjuntamente. Aquí, los tres modelos se incluyen cada vez que se coloca un pedido. En este caso, el costo fijo de ordenar combinado por pedido está dado por

$$S^* = S + S_{pantalones} + S_{parkas} + S_{pullover}$$

$$S^* = 217.000^{21} + 2.596.465 + 2.273.743 + 969.182$$

$$S^* = \$6.489.390 \text{ pesos}$$

²⁰ Valores de S_i obtenidos mediante la suma de los costos fijos y variables correspondientes a la cantidad promedio anual demanda.

²¹ Costo asociado al transporte desde puerto a bodega de empresa

El siguiente paso es identificar la frecuencia óptima del pedido. Sea n el número de pedidos colocados por año. Entonces se tendrá que

Costo Anual de Ordenar:

$$C_o = S * n$$

Costo Total de Mantener Inventario:

$$C_m = \frac{D_{pantalones} * h * C_{pantalones}}{2n} + \frac{D_{parka} * h * C_{parka}}{2n} + \frac{D_{pullover} * h * C_{pullover}}{2n}$$

Donde si bien se ha hecho hincapié en la dificultad de evaluar con precisión los costes de almacenamiento con todos sus múltiples componentes y el hecho de que estos costes son siempre específicos de la actividad comercial, se pueden dar no obstante algunas estimas aproximadas.

La mayoría de las compañías tiende a subestimar los costos de almacenamiento totales (Costo total de tenencia de inventario). Para la mayoría de las actividades minoristas y de fabricación, las evaluaciones expertas del coste del almacenamiento de inventario van de un 18 % a un 75 % anual. Como se ha mencionado, el factor determinante en este porcentaje son los costos de capital (incluida la inversión en el inventario) y el tipo de productos (intuitivamente, cuanto más perecederos sean los productos, mayores serán los costos).

La regla general estándar coloca a los costos de almacenamiento entre un 20% a 25 % del valor de inventario según el autor Douglas Lambert²² en su libro.

²²Stock, James R. & Lambert, Douglas M., “*Gestión estratégica de la logística*”, 2.da edición, Irwin Professional Publishing, 1987.

Una referencia destacada es el estudio de Helen Richardson²³ de 1995, donde Según Richardson los costes totales de inventario podrían ubicarse entre el 25 % y el 55 % con la siguiente distribución:

- Costo del dinero 6 % - 12 %
- Impuestos 2 % - 6 %
- Seguro 1 % - 3 %
- Gastos de depósito 2 % - 5 %
- Manejo físico 2 % - 5 %
- Control administrativo y de inventario 3 % - 6 %
- Obsolescencia 6 % - 12 %
- Deterioro y hurto 3 % - 6 %

Por todas las razones anteriormente mencionadas arriba, se pueden establecer que los costos utilizados para efectos de cálculo serán un 20% del valor del producto.

El Costo Total Anual está dado por:

$$C_{Total} = \frac{D_{pantalones} * h * C_{pantalones}}{2n} + \frac{D_{parka} * h * C_{parka}}{2n} + \frac{D_{pullover} * h * C_{pullover}}{2n} + S * n$$

La frecuencia óptima del pedido minimiza el costo total anual y se obtiene al tomar la primera derivada del costo total respecto a n e igualándola a 0. Esto produce la frecuencia óptima del pedido n*, donde La ecuación siguiente puede generalizarse en el caso donde existen k artículos consolidados en un solo pedido de la manera siguiente:

$$n^* = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k D_i * h * C_i}{2S^*}}$$

²³ Richardson, Helen: Transportation & Distribution, "Control Your Costs then Cut Them" December, 1995

$$n^* = \sqrt{\frac{(D_{pantalones} * h * C_{pantalones}) + (D_{parka} * h * C_{parka}) + (D_{pullover} * h * C_{pullover})}{2S^*}}$$

$$n^* = \sqrt{\frac{(12.625 * 0,2 * 6.495) + (3.925 * 0,2 * 19.513) + (7.471 * 0,2 * 4.885)}{2 * (6.489.390)}}$$

$$n^* = 1,73 \text{ [Veces/Año]}$$

Donde Q_i^* se calcula dada la siguiente formula:

$$Q_i^* = \frac{D_i}{n^*}$$

Los resultados de Q^* para cada familia se ilustra en la Tabla 15-2.

A continuación en la Tabla 15-2 se muestran los resultados al utilizar el Modelo EOQ Heurístico.

Tabla 15-2 Resultados utilizando modelo EOQ Heurístico

DESCRIPCIÓN	FAMILIA DE PRODUCTOS		
	Pantalón	Parka	Pullover
Demanda por Año(D)	12.615	3.925	7.471
Frecuencia de Pedido(n)	1,73	1,73	1,73
Tamaño Óptimo del Pedido(Q^*)	7.277	2.264	4.310
Costo Anual de Mantener(\$/Producto)	1.299	3.903	977
Costo Anual de Ordenar(\$)	2.813.132	2.490.409	1.185.848
Tiempo de Flujo Promedio(Meses)	7,02	7,02	7,02

Fuente: Elaboración propia

Tal como muestra la Tabla 15-2, los costos asociados a ordenar(S) disminuyen en un monto total de \$1,3 millones de pesos con respecto al modelo EOQ simple, debido a que con

el modelo EOQ Heurístico se estaría realizando un pedido concerniente a las Familias de Productos cada 7 meses.

15.2 Políticas de Revisión

Ni el sistema Q ni el sistema P es el mejor para todas las situaciones. Tres ventajas del sistema P deben sopesarse frente a tres ventajas del sistema Q. Implícitamente, las ventajas de un sistema son las desventajas del otro.

Las principales ventajas de los sistemas P son las siguientes:

1. El sistema es práctico y cómodo porque el reabastecimiento se realiza a intervalos fijos. Los empleados pueden dedicar regularmente un día o algunas horas para concentrarse en estas tareas específicas. Los intervalos fijos de reabastecimiento también permiten estandarizar los tiempos de recolección y entrega.
2. Los pedidos de múltiples artículos de un mismo proveedor pueden combinarse en una sola orden de compra. Este método reduce los costos por hacer pedidos y los de transporte, y es posible que el proveedor otorgue un descuento en el precio a partir de cierta cantidad.
3. Solo es necesario conocer la posición de inventario IP cuando se realiza una revisión (y no continuamente, como el sistema Q). Sin embargo, esta ventaja es discutible cuando las empresas usan sistemas computarizados para llevar registros, en los cuales se condigna una transacción cada vez que se recibe o retira cualquier material. Cuando los registros de inventario están siempre al corriente, el sistema se conoce como sistema de inventario perpetuo.

Las principales ventajas de los sistemas Q son las siguientes:

1. La frecuencia con que se revisa cada artículo puede individualizarse. Al ajustar la frecuencia de revisión según las necesidades de cada artículo, es posible reducir el total de los costos por hacer pedidos y por mantenimientos de inventario.
2. Los tamaños de lote fijos, si son suficientemente grandes, pueden producir descuentos por cantidades. Las limitaciones físicas de la empresa, como la capacidad de carga de los camiones, los métodos de manejo de materiales y el espacio en anaquel, también imponen la necesidad de un tamaño de lote fijo.
3. Los inventarios de seguridad más bajos se traducen en ahorro.

Dado que la empresa no cuenta con personal dedicado a revisar continuamente los niveles de inventario; y tal como se demostró en el apartado anterior, a la empresa le es más conveniente realizar una política de revisión periódica cada 7 meses. (Ver Tabla 15-2) por esta razón utilizamos la Política de Revisión Periódica.

16 Política de Inventario Revisión Periódica

La empresa tiene restricciones propias y decisiones administrativas que el nuevo sistema de inventario debe internalizar. La más importante es que realiza la actividad de reposición o realización de pedidos de compra una vez al año. Esto es así por varias razones, por ejemplo:

- Analizando el volumen de las ventas históricas del años 2013-2015, se observa que esta cantidad se puede satisfacer al realizar sólo una orden de compra al año. De esta manera, la periodicidad de las órdenes de compra para las tres familias de productos, es anual. El reabastecimiento se realiza a intervalos fijos.

- Al analizar los Lead Times de las familias importadas, se observa que fluctúan entre 3,5 y 4 meses. Con el objetivo de garantizar el abastecimiento, se escoge el Lead Time más grande, de 4 meses.
- Realizando la orden una vez al año por todos los artículos (Tamaño de lote con múltiples pedidos), se tiene la ventaja que se puede utilizar mejor los espacios de embarque al poder realizar mezclas de productos en éstos, lo que reduce los costos por hacer pedidos y los de transporte.
- Incertidumbre en la demanda, por ende el tamaño del lote varía ya que depende de la demanda experimentada entre pedidos sucesivos y el inventario resultante al momento de ordenar.

Por estas razones la segunda restricción es de mayor impacto, ya que el Lead Time de productos importados es fijo, además de la incertidumbre de la demanda experimentada, se ha decidido utilizar una política de inventario basada en el modelo P o de revisión periódica, ya que el modelo de revisión continúa requiere la libertad de ajustar el momento de colocar el pedido de resurtido y el lote ordenado se mantiene fijo entre ciclos de resurtido.

Además se argumenta la selección del modelo de período fijo para las familias seleccionadas, debido a que éste concibe tener un nivel de inventario capaz de suplir el desabastecimiento durante el tiempo entre revisiones y durante el tiempo de recepción de la mercancía; y además asegura la concepción de un inventario de seguridad que responde eficazmente a la variabilidad de la demanda. Es decir el estatus del inventario es verificado a intervalos regulares periódicos y el pedido se coloca para incrementar el nivel del inventario a un límite específico. El tiempo entre pedidos es fijo, no obstante, el tamaño de cada pedido puede fluctuar dada la demanda variable. (S. Chopra, Tercera Edición 2008, p.308)

La política general de inventarios propuestos es velar por el abastecimiento óptimo de la bodega de la empresa, enfocado a mejorar la capacidad de respuesta ante la variabilidad de la demanda.

16.1 Desarrollo del Modelo

El objetivo principal de la política de inventarios es aumentar la capacidad de reacción ante la variabilidad de la demanda. Este objetivo se cumple satisfactoriamente mediante la inclusión del inventario de seguridad, enfocado a disminuir la demanda insatisfecha registrada y en consecuencia a aumentar el nivel de servicio. Por lo tanto, para alcanzar el nivel de servicio especificado, la demanda debe ser satisfecha por todo el período de previsión de largo $P + L$, más un inventario de seguridad.

Para la futura operación de la empresa se recomienda seguir los siguientes pasos:

1. Debido a que la agrupación trimestral no dejaba claros los patrones de cada serie, es que se realizó un nuevo cálculo de los pronósticos de manera mensual (Ver Anexo H, *Pronósticos Mensuales por Familia*) a través del cual, el método Holt-Winter arrojó el menor error cuadrático medio para las tres Familias de productos, entregando la proyección más ajustada de demanda para los siguientes períodos. (El input para generar el pronóstico se basa en la incorporar las venta históricas de los últimos 30 meses, tal como se hizo con el Pronóstico Trimestral en capítulos anteriores)
2. Se establecen los días de pedido y los días de entrega, se ingresan los datos: $P+L$, inventario inicial. Con estos datos, el modelo de manejo de inventario indica cuanto pedir en la siguiente orden según el nivel de servicio elegido. La proporción de cada talla a ordenar será en función de la proporción histórica de la demanda.
3. La cantidad de inventario cae en forma irregular hasta que llega el momento prefijado para colocar una orden. Así, después de cada revisión se ordena una cantidad igual al inventario objetivo, el cual llamaremos T , menos la cantidad de inventario actual en bodega, en este caso el pedido colocado a principios del período de revisión llega antes

de la siguiente revisión, es decir el tiempo de entrega (cuatro meses promedio) es menor que el período de revisión (cada siete meses), teniéndose así la orden final.

$$\text{Mercancías a Ordenar} = \text{Inventario Objetivo} - \text{Inventario al momento de la revisión}$$

A continuación se presentan esquemáticamente las reglas de decisión para calcular la cantidad a pedir de cada producto. Estas se presentarán en una forma general, dejando el tiempo de entrega, el cual se denominará L, y el tiempo de revisión, el cual se denominará P, en forma de parámetro.

La cantidad a ordenar a principios del mes i, Q_i se representa con la siguiente ecuación:

$$Q_i = \begin{cases} T_i - I_i, & \text{si } T_i - I_i > 0 \\ 0 & , \text{ si } T_i - I_i < 0 \end{cases}$$

Donde:

Q_i = cantidad a ordenar mes a proveedor a principios del mes

T_i = Inventario Objetivo a principios del mes i

I_i = Inventario actual en bodega

Como ya se comentó, el inventario objetivo T debe ser suficiente para cubrir la demanda por todo el tiempo de previsión de largo P+L. Se cubre la demanda tomando como base la demanda pronosticada por el modelo de predicción más un inventario de seguridad para cubrirse de las incertidumbres. Así, el nivel de inventario objetivo a principios del mes i se define como:

$$T_i = D(P + L)_i + SS_i$$

Donde:

T_i = Nivel de inventario objetivo

$D(P + L)_i$ = demanda pronostica a principios del mes i para los próximos P+L meses (inclusive i)

SS_i = inventario de seguridad para el mes i

Esta definición difiere de la clásica dado que se utiliza un pronóstico de demanda y no la demanda media para estimar la demanda en el tiempo de previsión (P+L).

La fórmula del inventario de seguridad del modelo de revisión periódica enfocado al nivel de servicio es:

$$SS_i = z\sigma_{D(P+L)}$$

Donde:

$\sigma_{D(P+L)}$ = Desviación estándar de la demanda durante el tiempo de previsión real

z = Factor de seguridad

Para explicar en forma más clara la obtención de $\sigma_{D(P+L)}$, ésta se analizará en dos componentes las cuales se harán cargo de diferentes fuentes de incertidumbre, siendo la variabilidad de la demanda la que aplica en este caso.

Estas fuentes son:

- **Variabilidad de la demanda:** Mide la variabilidad de la demanda versus la demanda estimada (pronóstico) sobre el tiempo de previsión planeado (en este caso 11 meses que es el promedio).

- **Variabilidad de la fuente de suministro:** Mide la variabilidad de la demanda en el tiempo de previsión, debido a que el tiempo de entrega difiere del tiempo de entrega planeado (promedio).

Un supuesto importante es que este modelo asume que el tiempo de entrega L y la demanda por unidad de tiempo, durante el tiempo de previsión $D(P + L)_i$, son variables aleatorias independientes (idénticas), con medias $\mu_{(L)}$, $\mu_{D(P+L)}$ y desviación estándar σ_L , σ_D respectivamente.

16.2 Obtención de las Variables

Para el cálculo de P se utilizó el supuesto de:

- *Tamaño de lote con múltiples pedidos*

Utilizando la frecuencia óptima del pedido n^* , donde la ecuación siguiente puede generalizarse en el caso donde existen k artículos (Familia parkas, pantalón, pullover) consolidados en un solo pedido de la siguiente manera:

$$n^* = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k D_i * h * C_i}{2S^*}}$$

n^* para las tres Familias se detalla a continuación:

$$n^* = \sqrt{\frac{(D_{pantalones} * h * C_{pantalones}) + (D_{parka} * h * C_{parka}) + (D_{pullover} * h * C_{pullover})}{2S^*}}$$

$$n^* = \sqrt{\frac{(12.625 * 0,2 * 6.495) + (3.925 * 0,2 * 19.513) + (7.471 * 0,2 * 4.885)}{2 * (6.489.390)}}$$

$$n^* = 1,73[\text{Veces/Año}]$$

Donde el Modelo EOQ Heurístico sugiere una revisión cada 1,73 veces en el año aproximadamente cada 7 meses. Lo que significa que cada 7 meses se realiza la actividad de revisión de inventario y colocación de la orden si ésta es necesaria. (Ver capítulo 15.1, Tabla 15-2 Resultados Modelo EOQ Heurístico).

16.2.1 Obtención L

El promedio del tiempo de entrega es muy cercana a cuatro meses por parte del proveedores, se decidió fijar el parámetro L de cuatro meses para las tres familias en análisis. Así, el período de previsión (P+L) tiene largo de onces meses, el mes del intervalo de revisión 7 meses más los 4 meses del tiempo de entrega.

Los datos de la desviación estándar en el tiempo de entrega serán muy importantes para establecer una buena política de inventario de seguridad, lo cual se verá a continuación.

16.2.2 Obtención Factor z

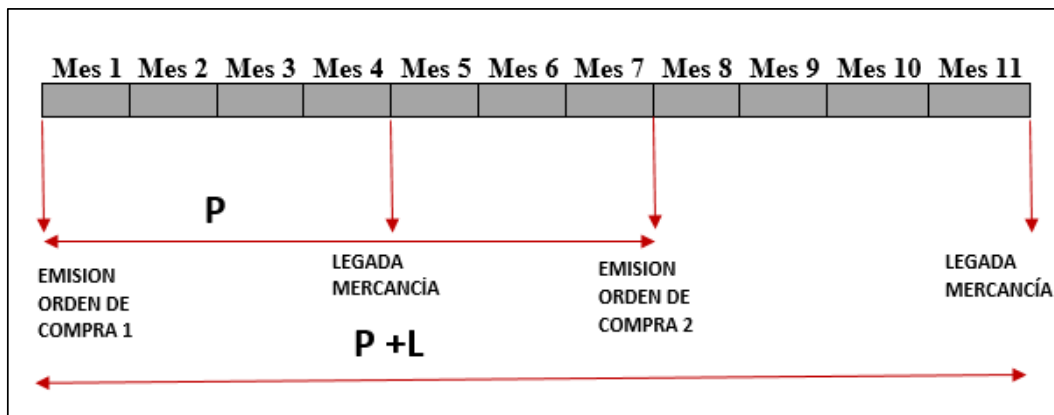
El factor z representa el número de desviaciones estándar de la variabilidad de la demanda en el tiempo de previsión para cual se protegerá el inventario contra quiebres mediante la utilización de un inventario de seguridad. Se realiza el supuesto de que la demanda en el tiempo de previsión sigue una distribución normal. Así, la función de distribución acumulada en z (para la función de distribución normal estandarizada con media 0 y varianza 1) corresponde a la probabilidad de que no haya un quiebre de inventario durante un ciclo de inventario. Debido a los grandes costos producidos por quiebres de inventario y a la complejidad del comportamiento de la cadena de suministros se decidió, en conjunto con la empresa, y además tras la validación con diferentes z (Ver Anexo K) se concluyó utilizar en este trabajo un factor de seguridad z igual a 1,96 el cual corresponde a una probabilidad de 97,5% de no tener quiebre.

16.3 Ejemplo del Modelo de Política de Inventario para cada Familia

A continuación se aplica el sistema de revisión periódica para manejo de inventario explicado en la sección anterior y el método de Holt-Winter para pronóstico de demanda.

Para ejemplificar la política para cada familia, una orden establecida en el mes 1, llegará al inicio del mes 4, y cubrirá las ventas presupuestadas de los 7 meses siguientes. En la Figura 16-1 se visualiza el ejemplo citado. El diagrama muestra el momento de la emisión de la segunda orden de compra, que llegará cuando se finalice el periodo de abastecimiento de la primera orden establecida. En la siguiente figura se visualiza el ejemplo expuesto, en una línea de tiempo mensual.

Figura 16-1 Diagrama línea de tiempo mensual de orden de compra



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la política de inventarios, el cálculo de la mercancía a ordenar se realiza para cada familia se calcula por la siguiente operación:

$$\text{Mercancías a Ordenar} = \text{Inventario Objetivo} - \text{Inventario al momento de la Revisión}$$

Para evaluar la política de inventario propuesto, se utilizaron los datos de la demanda pronosticada evaluando un período de 36 meses desde Julio 2016 y junio 2019.

Para las familias de Parkas, Pantalones y Pullover, como se expuso, se modelará su demanda según el método Holt-Winter, cuyos parámetros se indican a continuación:

Tabla 16-1 Coeficientes para Modelo Holt-Winters Mensual

DESCRIPCIÓN	FAMILIA DE PRODUCTOS		
	Pantalón	Parka	Pullover
α	0,12	0,35	0,05
β	0,09	0,02	0,05
γ	0,01	0,05	0,01

Fuente: Elaboración propia

Los resultados se ilustran a continuación:

Tabla 16-2 Variables del Modelo P

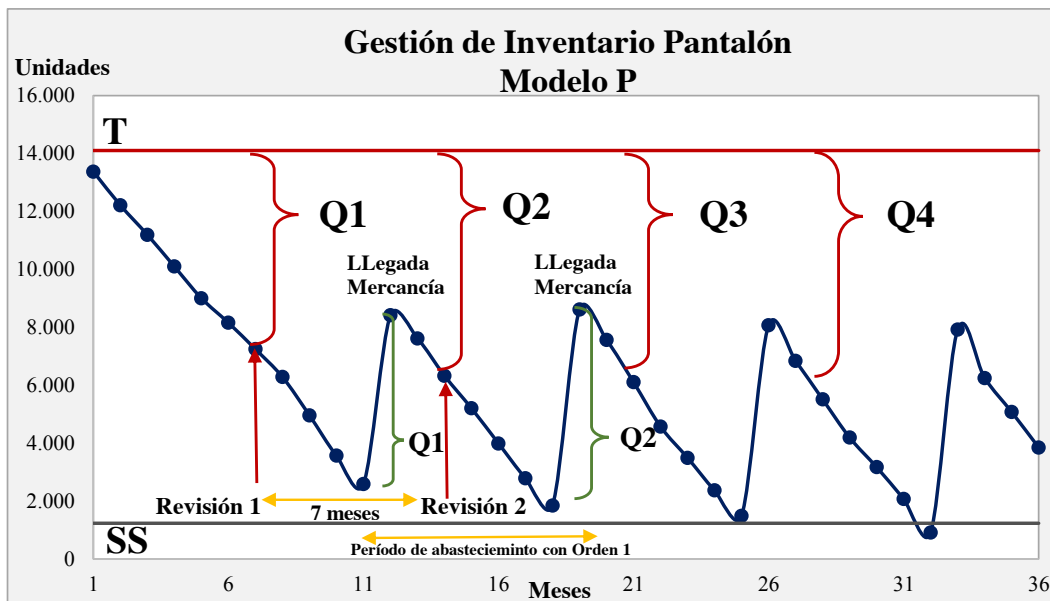
DESCRIPCIÓN	FAMILIA DE PRODUCTOS		
	Pantalón	Parka	Pullover
Demanda D_D	1.153	336	1.059
σ_D	219	181	507
Demanda $D(P + L)_i$	12.679	3.698	11.653
$\sigma_{D(P+L)}$	728	601	1.681

Fuente: Elaboración propia

16.3.1 Familia de Pantalón

El siguiente gráfico muestra el nivel de inventario propuesto por la política.

Figura 16-2 Política de Inventario, Revisión Periódica



Fuente: Elaboración propia

Al observar el volumen de las ventas de esta familia durante los 36 meses es de 12.678 unidades equivalentes a 1.152 unidades mensuales, y teniendo en cuenta el objetivo de emitir órdenes de compra en contenedores completos, la política para esta familia sugiere la emisión de una orden de compra al año, manteniendo un Inventario de seguridad de 1.229 unidades.

Analizando el comportamiento del inventario se observa que la empresa realiza la revisión cada 7 meses como indica la Figura 16-2, es decir la Revisión 1 es ejecutada a fines de Enero 2017 emitiendo la orden de compra en el mismo período, recibiendo mercancías desde el extranjero 4 meses después a inicios de Junio 2017, con estas unidades se satisface adecuadamente la demanda hasta Enero 2018, período que llega la segunda orden de compra.

Posteriormente, la empresa enfrenta de manera adecuada la demanda y antes de caer en un quiebre de inventario, a fines de agosto, recibe mercancías.

El cálculo de la mercancía a ordenar Q1, se realiza por la siguiente operación:

$$\text{Mercancías a Ordenar } Q1 = \text{Inventario Objetivo} - \text{inventario al momento de la revisión}$$

$$\text{Mercancías a Ordenar } Q1 = 6.860 \text{ unidades}$$

Donde el nivel de inventario objetivo es

$$T_i = D(P + L)_i + SS_i$$

$$T_{36} = 12.678 + 2.182$$

$$T_{36} = 13.908 \text{ unidades}$$

El detalle de los meses de llegada de las mercancías se muestra en la siguiente tabla, donde también se incluyen las unidades totales y la proporción ordenada de cada talla:

Tabla 16-3 Desagregación por Tallas

FECHAS DESDE	Q Total	FAMILIA DE PANTALONES POR TALLA							
		L	M	S	XL	XS	XXL	XXS	XXXL
		31%	32%	13%	14%	2%	5%	1%	2%
06-2017 hasta 01-2018 Q1	6.862	2.127	2.196	892	961	137	343	69	137
01-2018 hasta 08-2018 Q2	7.777	2.411	2.489	1.011	1.089	156	389	78	156
08-2018 hasta 03-2019 Q3	8.002	2.481	2.561	1.040	1.120	160	400	80	160
03-2019 hasta 09-2020 Q4	8.594	2.664	2.750	1.117	1.203	172	430	86	172

Fuente: Elaboración propia

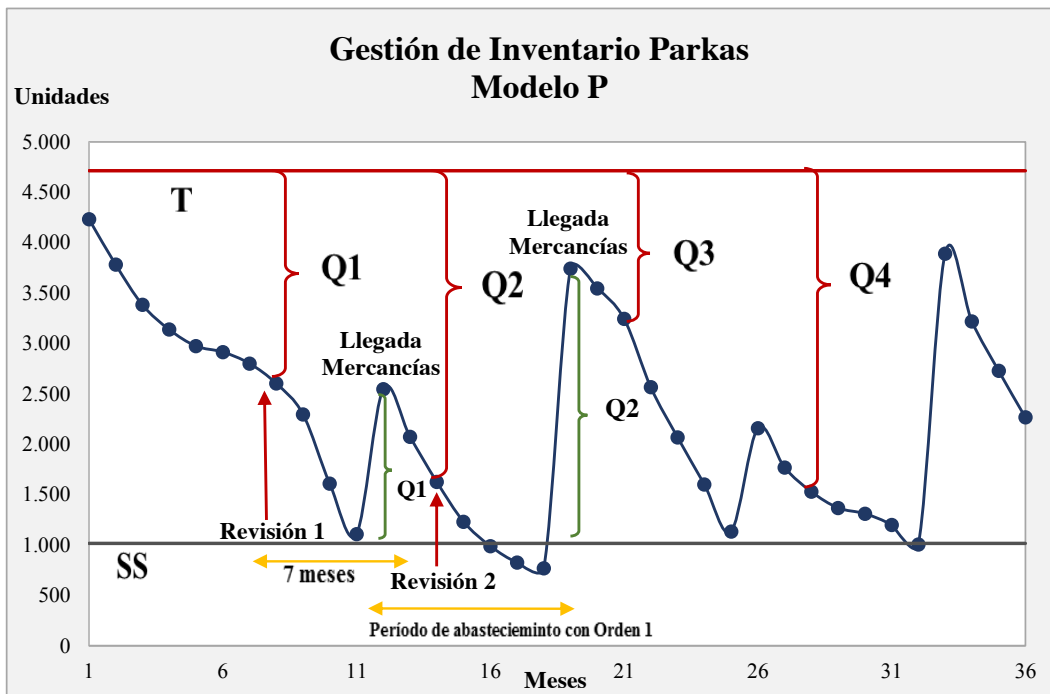
La familia de pantalones al no presentar estacionalidad la cantidad a ordenar según la política de inventario sugiere lotes con cantidades de mínimo 6.000 unidades que abastecerán la temporada de 7 meses Ver Tabla 16-3 Q2, Q4, dado que la demanda no presenta

fluctuaciones de gran envergadura, además sugiriendo contemplar un mes de Inventario de seguridad para satisfacer la demanda.

16.3.2 Familia de Parkas

El siguiente gráfico muestra el nivel de inventario propuesto por la política.

Figura 16-3 Política de inventario, Revisión Periódica.



Fuente: Elaboración propia

Al observar el volumen de las ventas de esta familia durante los 36 meses es de 3.697 unidades equivalentes a 336 unidades mensuales, y teniendo en cuenta el objetivo de emitir órdenes de compra en contenedores completos, la política para esta familia sugiere la emisión de una orden de compra al año, manteniendo un Inventario de seguridad de 1.015 unidades.

Analizando el comportamiento del inventario se observa que la empresa realiza la revisión cada 7 meses como indica la Figura 16-3, es decir la Revisión 1 es ejecutada a fines de Enero

2017 emitiendo la orden de compra en el mismo período, recibiendo mercancías desde el extranjero 4 meses después a inicios de Junio 2017, con estas unidades se satisface adecuadamente la demanda hasta Enero 2018, período que llega la segunda orden de compra. Posteriormente, la empresa enfrenta de manera adecuada la demanda y antes de caer en un quiebre de inventario, a fines de agosto, recibe mercancías.

El cálculo de la mercancía a ordenar Q1, se realiza por la siguiente operación:

$$\text{Mercancías a Ordenar } Q1 = \text{Inventario Objetivo} - \text{inventario al momento de la revisión}$$

$$\text{Mercancías a Ordenar } Q1 = 1.913 \text{ unidades}$$

Donde el nivel de inventario objetivo es

$$T_i = D(P + L)_i + SS_i$$

$$T_{36} = 3.697 + 1.178$$

$$T_{36} = 4.875 \text{ unidades}$$

El detalle de los meses de llegada de las mercancías se muestra en la siguiente tabla, donde también se incluyen las unidades totales y la proporción ordenada de cada talla:

Tabla 16-4 Desagregación por Tallas

FECHAS DESDE	Q Total	FAMILIA DE PARKAS POR TALLA							
		L	M	S	XL	XS	XXL	XXS	XXXL
		33%	32%	12%	14%	2%	4%	1%	2%
06-2017 hasta 01-2018 Q1	1.913	631	612	230	268	38	77	19	38
01-2018 hasta 08-2018 Q2	3.087	1.019	988	370	432	62	123	31	62
08-2018 hasta 03-2019 Q3	1.469	485	470	176	206	29	59	15	29
03-2019 hasta 09-2020 Q4	3.185	1.051	1.019	382	446	64	127	32	64

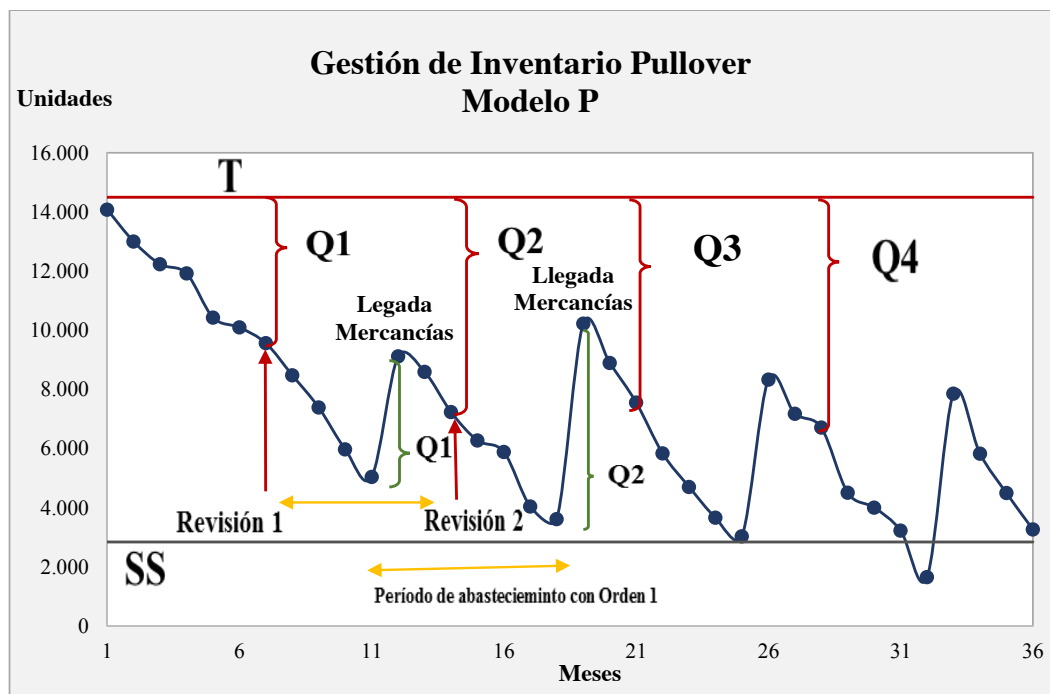
Fuente: Elaboración propia

La familia de parkas presentar estacionalidad y tendencia la cantidad a ordenar en política de inventario sugiere que los lotes que abastecerán la temporada de invierno sean mayores, Ver Tabla 16-4 Q2, Q4, ya que es en esta estación donde la demanda presenta fluctuaciones de gran envergadura, sugiriendo contemplar tres meses de Inventario de seguridad para satisfacer la demanda.

16.3.3 Familia de Pullover

El siguiente gráfico muestra el nivel de inventario propuesto por la política

Figura 16-4 Política de inventario, Revisión Periódica



Fuente: Elaboración propia

Al observar el volumen de las ventas de esta familia durante los 36 meses es de 11.652 unidades equivalentes a 1.059 unidades mensuales, y teniendo en cuenta el objetivo de emitir

órdenes de compra en contenedores completos, la política para esta familia sugiere la emisión de una orden de compra al año, manteniendo un Inventario de seguridad de 2.840 unidades.

Analizando el comportamiento del inventario se observa que la empresa realiza la revisión cada 7 meses como indica la Figura 16-4, es decir la Revisión 1 es ejecutada a fines de Enero 2017 emitiendo la orden de compra en el mismo período, recibiendo mercancías desde el extranjero 4 meses después a inicios de Junio 2017, con estas unidades se satisface adecuadamente la demanda hasta Enero 2018, período que llega la segunda orden de compra. Posteriormente, la empresa enfrenta de manera adecuada la demanda y antes de caer en un quiebre de inventario, a fines de agosto, recibe mercancías.

El cálculo de la mercancía a ordenar Q1, se realiza por la siguiente operación:

Mercancías a Ordenar Q1 = Inventario Objetivo - inventario al momento de la revisión

$$\text{Mercancías a Ordenar}(Q1) = 4.933 \text{ unidades}$$

Donde el nivel de inventario Objetivo

$$T_i = D(P + L)_i + SS_i$$

$$T_{36} = 11.652 + 2.840$$

$$T_{36} = 14.493 \text{ unidades}$$

El detalle de los meses de llegada de las mercancías se muestra en la siguiente tabla, donde también se incluyen las unidades totales y la proporción ordenada de cada talla:

Tabla 16-5 Desagregación por Tallas

FECHAS DESDE			FAMILIA DE PULLOVER POR TALLA							
			Q Total	L 33%	M 32%	S 13%	XL 14%	XS 2%	XXL 4%	XXS 1%
06-2017 hasta 01-2018	Q1	4.933	1.628	1.578	641	691	99	197	49	99
01-2018 hasta 08-2018	Q2	7.259	2.395	2.323	944	1.016	145	290	73	145
08-2018 hasta 03-2019	Q3	6.936	2.289	2.219	902	971	139	277	69	139
03-2019 hasta 09-2020	Q4	7.785	2.569	2.491	1.012	1.090	156	311	78	156

Fuente: Elaboración propia

Analizando el comportamiento del inventario se observa que la empresa debe tener mayor inventario objetivo para la familia de Pullover, por ende también se debe manejar mayor Inventario de seguridad en comparación a las otras familias tal como lo indica la Tabla 16-5.

La política sugiere contar con un inventario objetivo T y Inventario de seguridad para cada familia como lo indica la Tabla 16-6.

Tabla 16-6 Resumen variables política de Inventario

DESCRIPCIÓN	FAMILIA DE PRODUCTOS		
	Pantalón	Parka	Pullover
Demanda $D(P + L)_i$	12.678	3.697	11.652
SS_i	1.229	1.178	2.840
Cobertura del SS	1 mes	3 meses	2 meses
Inventario Objetivo (T_i)	13.908	4.875	14.493

Fuente: Elaboración propia

16.4 Análisis de Sensibilidad

Tal como se desarrolló en los apartados anteriores, el modelo sugiere realizar los pedidos cada 7 meses, con un nivel de confianza del 97,5% de satisfacción (nivel fue extraído de las necesidades actuales de la empresa), por ello se procedió a analizar distintas frecuencias de pedidos con distintos niveles de confianza para analizar distintos escenarios posibles, los cuales se muestran en la Tabla a continuación.

Tabla 16-7 Análisis de Sensibilidad

	REVISIÓN CADA 6 MESES			REVISIÓN CADA 7 MESES			REVISIÓN CADA 8 MESES			
	90%	95%	97,5%	90%	95%	97,5%	90%	95%	97,5%	
Familia Pantalón	Stock de Seguridad	888	1.138	1.360	931	1.193	1.426	973	1.246	1.489
	Nivel Objetivo	12.414	12.664	12.886	13.610	13.872	14.105	14.804	15.078	15.321
Familia Pullover	Inventario Prom.(un)	4.222	4.472	4.694	5.417	5.680	5.914	6.612	6.886	7.188
	Stock de Seguridad	734	940	1.123	769	986	1.178	804	1.030	1.230
Familia Parka	Nivel Objetivo	4.095	4.301	4.485	4.467	4.683	4.876	4.837	5.063	5.264
	Inventario Prom.(un)	5.204	5.781	6.294	6.360	6.970	7.507	7.518	8.149	8.712
Familia Parka	Stock de Seguridad	2.051	2.628	3.141	2.152	2.757	3.295	2.247	2.879	3.441
	Nivel Objetivo	12.645	13.222	13.735	13.805	14.410	14.948	14.960	15.592	16.153
Familia Parka	Inventario Prom.(un)	1.640	1.844	2.028	2.010	2.226	2.419	2.379	2.607	2.807

16.4.1 Resumen Análisis de Sensibilidad

Como se puede ver en la tabla 16-7, a mayor porcentaje de confianza, mayor es la cantidad de inventario que debe poseer para satisfacer la demanda, y a su vez, mientras mayor sea la cantidad de meses entre revisión, mayor es la cantidad a comprar, debido a que su nivel objetivo aumenta proporcionalmente.

A continuación se procede a analizar cada frecuencia con sus respectivos niveles de confianza.

Escenario 1: Revisión cada 6 Meses

Tal como muestra la Tabla 16-7, se pueden desprender las siguientes conclusiones

1. Con una frecuencia de pedido de 6 meses y un nivel de confianza de 97,5% se puede observar que el Stock de Seguridad disminuye un 5% con respecto la frecuencia de 7 meses y un 9% con respecto la frecuencia de 8 meses; a su vez analizando el inventario promedio este es reducido en un 18% promedio en las cantidades si se trabajará con una frecuencia de 7 meses y un 30% que si se trabajara con una frecuencia de pedido de 8 meses.
2. Con una frecuencia de pedido de 6 meses y un nivel de confianza de 95% se puede observar que el Stock de Seguridad disminuye un 5% con respecto la frecuencia de 7 meses y un 9% con respecto la frecuencia de 8 meses; a su vez analizando el inventario promedio este es reducido en un 19% promedio en las cantidades si se trabajará con una frecuencia de 7 meses y un 31% que si se trabajara con una frecuencia de pedido de 8 meses.
3. Con una frecuencia de pedido de 6 meses y un nivel de confianza de 90% se puede observar que el Stock de Seguridad disminuye un 5% con respecto la frecuencia de 7 meses y un 9% con respecto la frecuencia de 8 meses; a su vez analizando el inventario

promedio este es reducido en un 20% promedio en las cantidades si se trabajará con una frecuencia de 7 meses y un 33% que si se trabajara con una frecuencia de pedido de 8 meses.

Escenario 2: Revisión cada 8 Meses

Tal como muestra la Tabla 16-7, se pueden desprender las siguientes conclusiones

1. Con una frecuencia de pedido de 8 meses y un nivel de confianza de 97,5% se puede observar que el Stock de Seguridad aumenta entre un 4% a 6% con respecto la frecuencia de 7 meses y un 10% con respecto la frecuencia de 6 meses; y analizando el inventario promedio este supera en un 18% promedio en las cantidades si se trabajará con una frecuencia de 7 meses y un 44% mayor que si se trabajara con una frecuencia de pedido de 6 meses.
2. Con una frecuencia de pedido de 8 meses y un nivel de confianza de 95% se puede observar que el Stock de Seguridad aumenta entre un 4% a 6% con respecto la frecuencia de 7 meses y un 11% con respecto la frecuencia de 6 meses; y analizando el inventario promedio este supera en un 19% promedio en las cantidades que si se trabajará con una frecuencia de 7 meses y un 46% mayor que si se trabajara con una frecuencia de pedido de 6 meses.
3. Con una frecuencia de pedido de 8 meses y un nivel de confianza de 90% se puede observar que el Stock de Seguridad aumenta un 4% con respecto la frecuencia de 7 meses y un 10% con respecto la frecuencia de 6 meses; y analizando el inventario promedio este supera en un 20% promedio en las cantidades si se trabajará con una frecuencia de 7 meses y un 49% mayor que si se trabajara con una frecuencia de pedido de 6 meses.

Conclusión del Análisis

Dada la Tabla 16-7 se puede apreciar que es recomendable utilizar un período de revisión cada 7 meses debido a que cada 8 meses se mantiene un nivel de inventario promedio mayor en un 18%, lo cual significa aumentar sus costos de mantención en la misma proporción; por otro lado con una revisión cada 6 meses, si bien se disminuyen sus costos de mantener, pero aumentan al doble los costos de realización de pedido anual, por esta razón se utilizará un período de revisión de 7 meses. Por otro lado, el nivel de confiabilidad de 97,5% surge de los requerimientos de la empresa por solo tener un 2,5% de probabilidad de no satisfacer la demanda, por esta razón la utilización de otro nivel de confiabilidad no se aplicará a este caso.

17 Evaluación de los Métodos Propuesto

17.1 Pronóstico de la Demanda

Se seleccionó el modelo por series de tiempo Holt Winters dado que incorpora ecuaciones que tratan fenómenos de tendencia y estacionalidad. Otras ventajas que posee este modelo es su precisión en la predicción en horizontes de corto y mediano plazo. El horizonte de predicción de 36 meses utilizado en este estudio (Ver Anexo H). Otra ventaja es que no es extremadamente sofisticado y difícil de implementar. Si bien el método de Holt Winters no es un modelo simple, se adapta bien a los sistemas y recursos disponibles en la empresa.

Para realizar las predicciones, se dividieron los datos de ventas históricas corregidas, en dos subconjuntos. El primero con los datos mensuales de ventas desde Junio 2013 hasta junio 2016 (36 meses). El segundo, desde julio 2016 hasta Diciembre 2016. El primer conjunto sirvió para calcular las constantes necesarias para el modelo (constantes de nivel, tendencia y estacionalidad), realizar pruebas de predicción y así calibrar las constantes de suavización²⁴ α , β , γ . El segundo grupo de datos se utilizó para realizar la simulación y como período de evaluación y análisis de la solución propuesta.

El modelo se construyó en una planilla del programa Excel posteriormente automatizado en una Macro. Para seleccionar las constantes de suavización se tomó como criterio el valor que minimice el error medio cuadrático (MSE). Esto fue posible gracias a la extensión del software Excel llamada “Solver”. Esta extensión es un optimizador al cual se le entregó como función objetivo el MSE, tomando como variable las constantes o parámetros de suavización. Las restricciones que se impusieron fueron que estas constantes de suavización estuvieran acotadas entre cero y uno, inclusive.

²⁴ Las constantes de suavización con sus respectivas iteraciones de los valores de α , β y γ para los modelos de pronósticos mensuales utilizando Holt-Winters se presentan en el Anexo J.

Con este procedimiento los resultados de las predicciones arrojaron los siguientes errores de predicción:

Tabla 17-1 Errores de Predicción Mensual para período de evolución, un semestre

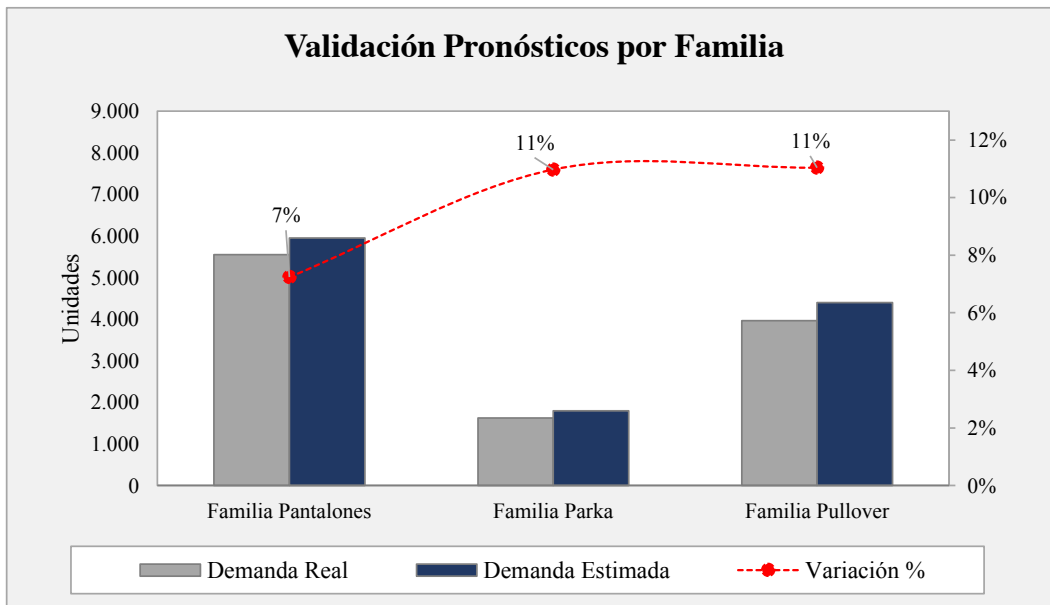
TIPO DE ERROR	FAMILIA DE PRODUCTOS		
	PANTALÓN	PARKA	PULLOVER
MAD[Unidades]	309	141	219
MSE [Unidades^2]	161.396	31.629	191.310
MPE[%]	7%	7%	11%

Fuente: Elaboración propia

El promedio del error MAPE resultante para las tres familias fue de 8% por lo que se puede decir que el modelo de predicción mediante el Método de Holt Winters obtuvo un resultado razonablemente bueno en cuanto a su precisión, para el semestre evaluado.

En la Figura 17-1 se muestra la evolución de la demanda para cada línea de productos estudiados.

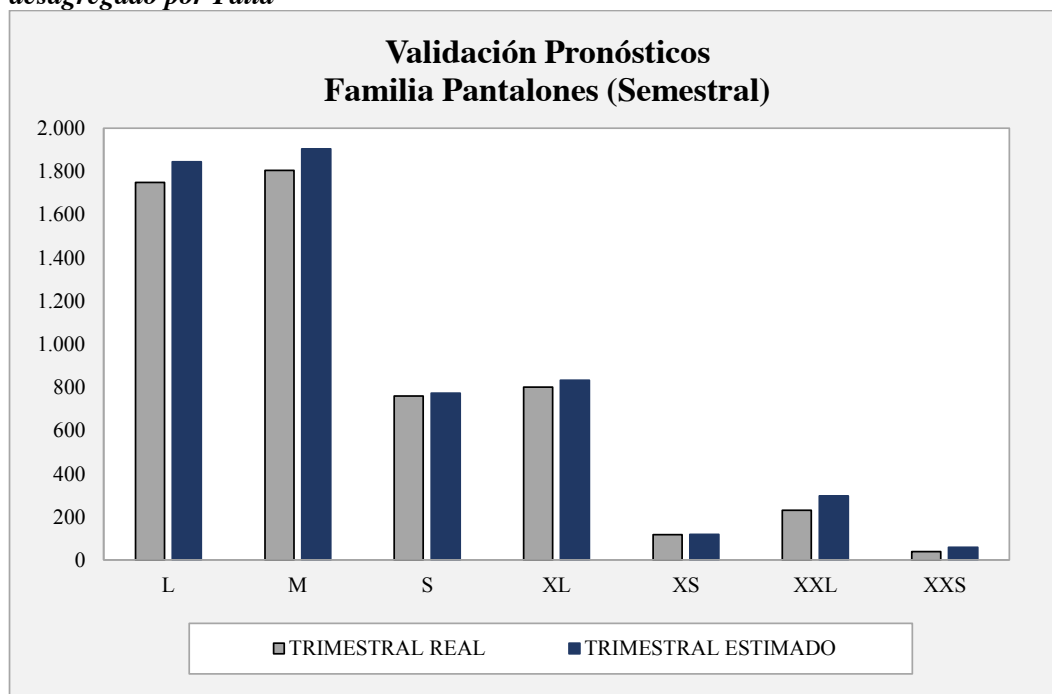
Figura 17-1 Evolución de la Demanda Real versus la Proyectada para un semestre



Fuente: Elaboración propia

Se observa en la Figura 17-1 que los pronósticos propuestos presentan un 89% de asertividad en la familia de Parkas y Pullover mientras que la menor variación porcentual corresponde a la familia de Pantalones, con un 93% de asertividad, en contraste con la demanda real, sumado a que la demanda para esta línea de productos es más regular en los períodos estudiados. Para cada familia se ilustra la variación desagregada por Talla.

Figura 17-2 Evolución de la Demanda Real versus la Proyectada para un semestre, desagregado por Talla

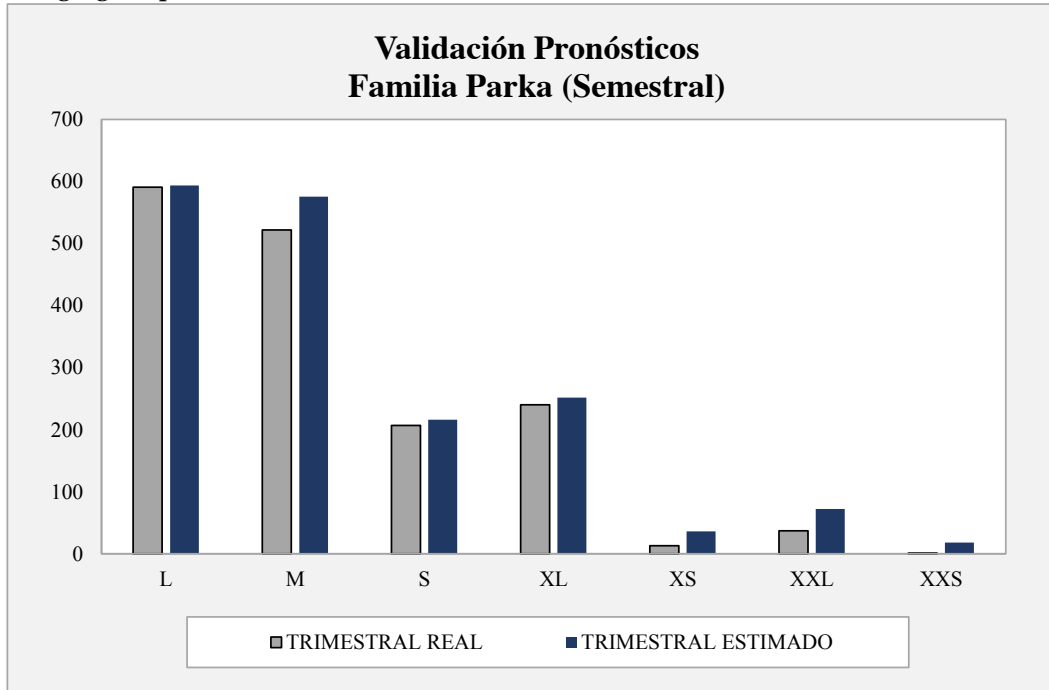


Fuente: Elaboración propia

Comentarios: Para la Familia de Pantalones la cantidad demandada Real es de aproximadamente 924 unidades mensuales y el pronóstico arrojó una variación de un 7% al alza, es decir aproximadamente 67 unidades mensuales más con respecto a la demanda real.

Al observar la Figura 17-2 desagregada por talla indica que la Talla M representa un 32% de la demanda total dentro de la línea de pantalones, siendo la demanda real 300 unidades para un periodo mensual versus la proyectada que el método sugiere 317 unidades.

Figura 17-3 Evolución de la Demanda Real versus la Proyectada para un semestre, desagregado por Talla

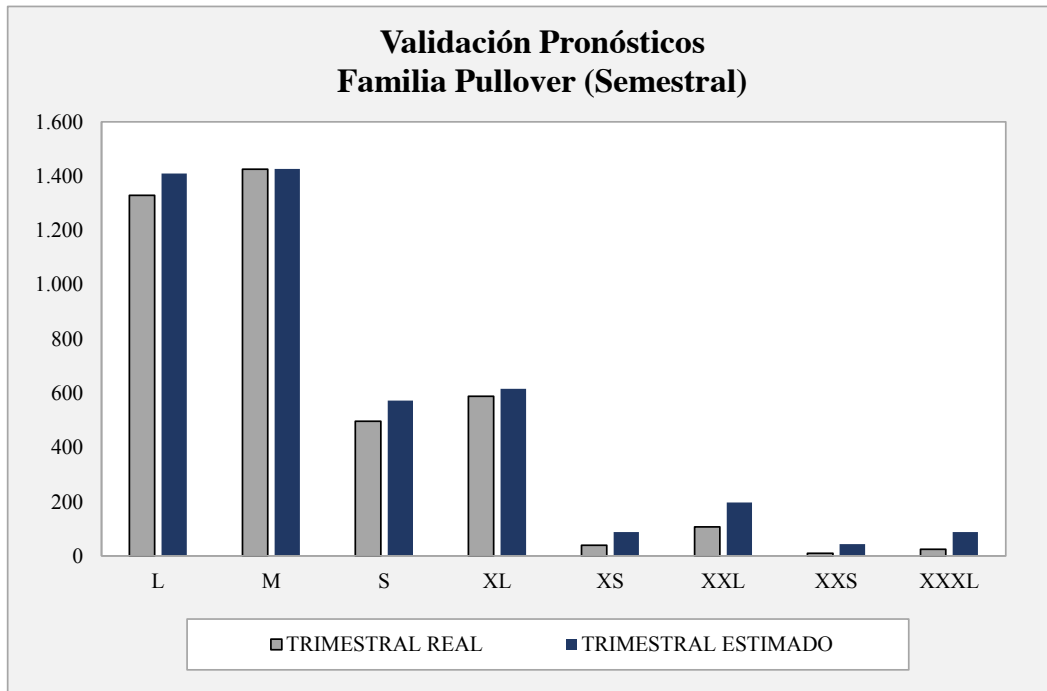


Fuente: Elaboración propia

Comentarios: Para la Familia de Parkas la cantidad demandada Real es de aproximadamente 270 unidades mensuales y el pronóstico arrojó un 299 unidades mensuales, es decir aproximadamente un 10% más de variación con respecto al real. Al observar la Figura 17-2 desagregada por talla indica que la de mayor proporción en el total de la demanda es la talla L lo que representa un 33% del total.

Debido a la marcada estacionalidad de la parkas, el modelo sugiere que para los meses de otoño invierno la demanda proyectada sea tres veces mayor en comparación a la temporada de primavera verano. Es decir para un trimestre de alta demanda semestre se proyectan 1.279 unidades mientras que en temporada de primavera sugiere 431 unidades es decir 850 unidades menos de una temporada a otra.

Figura 17-4 Evolución de la Demanda Real versus la Proyectada para un semestre, desagregado por Talla



Fuente: Elaboración propia

Comentarios: Para la Familia de Parkas la cantidad demandada Real es de aproximadamente 660 unidades mensuales y el pronóstico arrojó un 733 unidades mensuales, es decir aproximadamente un 9% más de variación con respecto al real. Al observar la Figura 17-2 desagregada por talla indica que la de mayor proporción en el total de la demanda es la talla L lo que representa un 33% del total.

Al observar la Figura 17-2 desagregada por talla indica que la Talla M representa un 32% de la demanda total dentro de la línea de pantalones, siendo la demanda real 322 unidades para un periodo mensual versus la proyectada que el método sugiere 235 unidades

A modo de conclusión se observa como existe una importante variabilidad en la demanda para cada talla al interior de las distintas familias. Esta variabilidad es mayor para las tallas L, M. Finalmente el producto más destacado de este grupo es la Parka ya que presenta mayor

porcentaje de demanda insatisfecha además de una marcada estacionalidad y reporta los mayores ingresos por ventas en comparación a las otras familias en estudio, es por esto que mejorar el pronóstico de demanda utilizando el método de Holt-Winters es fundamental, obteniendo una variabilidad en el error de pronóstico de aproximadamente un 8% con respecto a los datos históricos. Permitiendo de esta forma a la empresa abastecerse de mejor manera con el objetivo final de una reducción en la demanda insatisfecha. (Ver Capítulo 18, Apartado “Indicadores de Desempeño”).

17.2 Evaluación del método de Gestión de Inventario

Para evaluar el desempeño del sistema de inventario propuesto, se realizó una simulación de las decisiones de compra, donde se compara el modelo de inventario propuesto, con el sistema ocupado actualmente por la empresa.

Para la simulación se decidió tomar los datos de órdenes de compra históricas. Esto debido a que así se representa la real variabilidad de las cantidades emitidas en órdenes de compra y las que el modelo sugiere para el período de evaluación. Un problema que se presenta es que históricamente la empresa no realizó órdenes de compra en forma sistemática por productos cada siete meses, por lo fue necesario en algunos casos modificar las fechas de emisión de órdenes de compra efectuadas por la empresa, de manera de hacer comparables los resultados de ambos modelos.

Para explicar el procedimiento, se analizó el comportamiento del inventario inicial con el que contaba la empresa al momento de poner la orden de compra y se observó que, según los datos históricos, se emitió una importante orden de compra al extranjero, octubre 2016, pedido que llega con un lead time de cuatro meses, Febrero 2017, con estas unidades la empresa pretende satisfacer seis meses.

El detalle de la orden de compras realizadas por la empresa se muestra en la Tabla 17-2, donde incluye el inventario inicial al momento de poner la orden, las unidades totales y la proporción ordenada de cada talla.

Tabla 17-2 Orden de Compra Modelo Empresa

		ORDEN DE COMPRA QUE LLEGO EN MARZO									
FAMILIAS	Io ²⁵	Q Total	L	M	S	XL	XS	XXL	XXS	XXXL	
Parkas	2.271	2.500	775	800	325	350	50	125	25	50	
Pullover	3.585	6.327	2.088	2.025	759	886	127	253	63	127	
Pantalones	5.931	4.646	1.487	1.487	604	650	93	186	46	93	
TOTAL	11.787	13.473	4.350	4.311	1.688	1.886	269	564	135	269	

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la Tabla 17-3 se ilustra la orden de compra que sugiere el modelo de inventario propuesto, donde se incluye el inventario objetivo que sugiere el modelo y el inventario inicial al momento de poner la orden, las unidades totales y la proporción ordenada de cada talla. La orden de compra que se efectúa según el pronóstico del comportamiento de la demanda a corto plazo es la mostrada en la tabla a continuación.

Tabla 17-3 Orden de compra Modelo Propuesto

			ORDEN DE COMPRA QUE LLEGO EN MARZO									
FAMILIAS	To ²⁶	Io	Q Total	L	M	S	XL	XS	XXL	XXS	XXXL	
Parkas	4.875	2.271	2.604	807	833	339	365	52	130	26	52	
Pullover	14.947	3.585	11.362	3.749	3.636	1.363	1.591	227	454	114	227	
Pantalones	14.104	5.931	8.173	2.615	2.615	1.062	1.144	163	327	82	163	
TOTAL	33.926	11.787	22.139	7.172	7.084	2.764	3.099	443	912	221	443	

Fuente: Elaboración propia

Al comparar las órdenes de compra la diferencia radica en que el método propuesto sugiere aumentar las cantidades a ordenar 69% más para cada línea de productos, ya que propone incrementar las ventas, así como también contar con inventario objetivo, stock de seguridad para abastecer un período de siete meses, mientras que el modelo actual no cuenta con un período fijo de revisión por ende se emiten órdenes cuando el stock no suficiente para cubrir la demanda.

²⁵ Io, Inventario con el que cuenta la empresa al momento de realizar el pedido

²⁶ To, inventario objetivo

Tabla 17-4 Comparación entre las cantidades a ordenar, del modelo Actuales versus las del Modelo Propuesto, para Octubre 2016

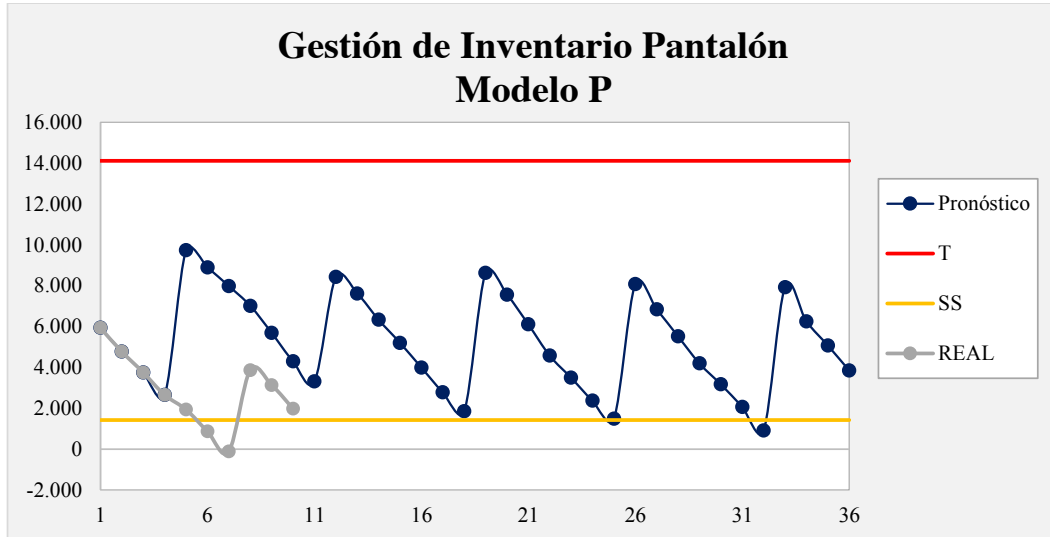
ORDEN DE COMPRA QUE LLEGO EN MARZO	Q Total	L	M	S	XL	XS	XXL	XXS	XXXL
Orden de Compra Modelo Empresa	13.473	4.350	4.311	1.688	1.886	269	564	135	269
Orden de compra Modelo Propuesto	22.139	7.172	7.084	2.764	3.099	443	912	221	443
Diferencias	8.666	2.822	2.773	1.076	1.213	174	348	86	174

Fuente: Elaboración propia

A continuación se presentan los gráficos del nivel de inventario resultante versus el histórico para los productos en estudio en el periodo de evaluación. Además se muestra, explícitamente, el nivel de inventario de seguridad y se entrega un breve comentario del resultado de la simulación por producto.

17.2.1 Nivel de Inventario propuesto para cada Familia

Figura 17-1 Gráficos nivel inventario histórico vs Modelo propuesto



Fuente: Elaboración propia

Comentarios: La orden de compra real se emite en Octubre 2016, para que llegue en Febrero 2017 con el objetivo de abastecer seis meses posteriores, como se observa la Figura 17-1 el comportamiento del inventario presentó quiebres en el mes de Enero 2017 de aproximadamente 1.000 unidades. Esto debido a que la empresa no contaba con stock de seguridad sumado a que se subestimó la orden de compra. A diferencia del modelo real el modelo propuesto sugiere realizar una revisión periódica cada siete meses, contar con un inventario objetivo para la familia de pantalones de 13.908 unidades y un stock de seguridad con una cobertura de aproximadamente un mes, en base a lo expuesto tal como lo indica la Figura 17-1 la orden se debió emitir en julio 2016 para que la mercancía lleguen en octubre 2016.

Los resultados al aplicar el modelo de administración de inventario, fueron satisfactorios dado que se realizó un pedidos lográndose evitar el quiebre anteriormente citado. La política aplicada se tradujo en un nivel de inventario parejo, oscilando por sobre el inventario de seguridad propuesto.

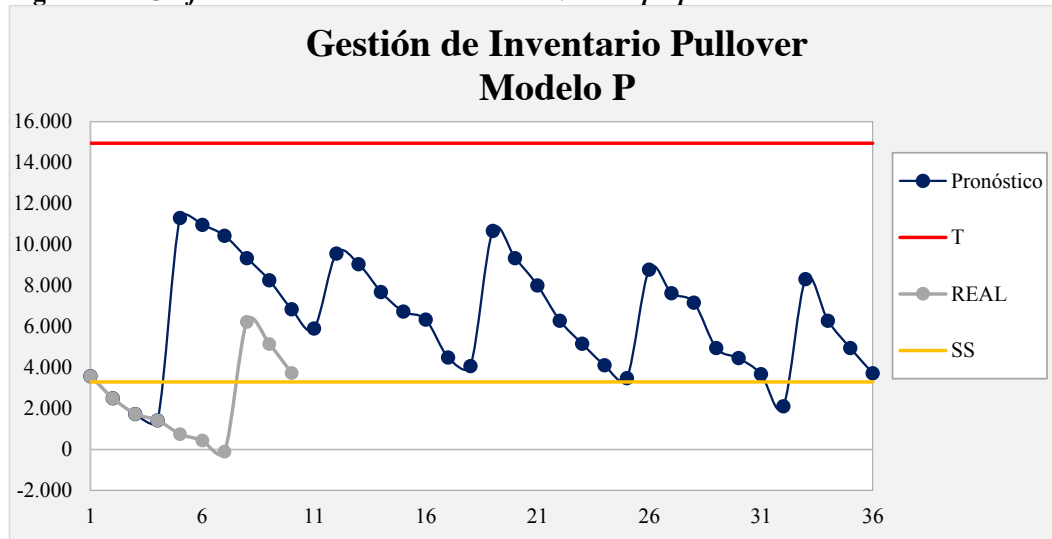
Figura 17-2 Gráficos nivel inventario histórico vs Modelo propuesto



Fuente: Elaboración propia

Comentarios: La orden de compra real se emite en Octubre 2016, para que llegue en Febrero 2017 con el objetivo de abastecer seis meses posteriores, como se observa la Figura 17-2 el comportamiento del inventario presentó quiebres en el mes de Enero 2017 de aproximadamente 200 unidades. Esto debido a que la empresa no contaba con stock de seguridad sumado a que se subestimó la orden de compra. A diferencia del modelo real el modelo propuesto sugiere realizar una revisión periódica cada siete meses, contar con un inventario objetivo para la familia de pantalones de 4.875 unidades y un stock de seguridad con una cobertura de aproximadamente tres meses productos a la marcada estacionalidad en las temporadas de invierno, meses para los cuales debe abastecerse con más unidades en las períodos precedentes, en base a lo expuesto tal como lo indica la Figura 17-2 la orden se debió emitir en julio 2016 para que la mercancía lleguen en octubre 2016. Los resultados al aplicar el modelo de administración de inventario, fueron satisfactorios dado que se realizó un pedidos lográndose evitar el quiebre anteriormente citado. La política aplicada se tradujo en un nivel de inventario parejo, oscilando por sobre el inventario de seguridad propuesto.

Figura 17-3 Gráficos nivel inventario histórico vs Modelo propuesto



Fuente: Elaboración propia

Comentarios: La orden de compra real se emite en Octubre 2016, para que llegue en Febrero 2017 con el objetivo de abastecer seis meses posteriores, como se observa la Figura 17-3 el comportamiento del inventario presentó quiebres en el mes de Enero 2017 de aproximadamente 1.000 unidades. Esto debido a que la empresa no contaba con stock de seguridad sumado a que se subestimó la orden de compra. A diferencia del modelo real el modelo propuesto sugiere realizar una revisión periódica cada siete meses, contar con un inventario objetivo para la familia de pantalones de 14.493 unidades y un stock de seguridad con una cobertura de aproximadamente dos meses, en base a lo expuesto tal como lo indica la Figura 17-3 la orden se debió emitir en julio 2016 para que la mercancía lleguen en octubre 2016.

Los resultados al aplicar el modelo de administración de inventario, fueron satisfactorios dado que se realizó un pedidos lográndose evitar el quiebre anteriormente citado. La política aplicada se tradujo en un nivel de inventario parejo, oscilando por sobre el inventario de seguridad propuesto.

A modo de conclusión el modelo propuesto indica poner una gran guía de compra en Julio 2016 para que llegue en Octubre, la cual no puede ser modificada pues se entrega en el inicio del periodo en que se toman las decisiones, no es necesario hacer más guías de compra hasta siete meses posteriores, donde se logra abastecer satisfactoriamente para cada familia y en cada talla sin caer un quiebre de stock.

18 Indicadores de Desempeño

Para el estudio efectuado, se estimó que la mejor forma de evaluar el desempeño de Los métodos propuestos es a través de los indicadores propuestos en el Capítulo 8. Se eligieron estos dos indicadores pues son los que tienen mayor impacto en la empresa, tanto en su desempeño interno, como en su relación con sus clientes.

La definición de nivel de servicio corresponderá al porcentaje de pedidos para los cuales hay suficientes unidades en Inventario al momento en que ingresan al sistema. Es decir, es el porcentaje de órdenes de compra que no necesitan esperar para ser satisfechas.

Se eligió esta definición de nivel de servicio como la principal, debido a la importancia que tiene para la empresa el poder satisfacer pedidos completos, además, el sistema de revisión periódica de inventario se construyó de manera de entregar un nivel de servicio de al menos un 97,5% considerando esta definición.

A continuación se exponen los resultados de los indicadores de desempeño del sistema, como son las rotaciones de inventario, la cantidad de ventas perdidas, nivel de servicio y permanencia de Inventario.

18.1 Indicadores de Pronóstico

18.1.1 Exactitud de Pronóstico

Con el objeto de establecer el desempeño de los modelos alternativos de pronóstico, se evalúa la exactitud de los pronóstico mediante la siguiente fórmula:

$$\text{EXACTITUD [\%]} = \frac{\text{DDA. PROYECTADA} - \text{DDA. REAL}}{\text{DDA. REAL}}$$

18.1.1.1 Resultados históricos del indicador

El método para pronosticar la demanda que actualmente utiliza la empresa se evalúa con el indicador de Exactitud, donde los datos históricos (Ver Tabla 18-1) reflejan la demanda que proyectó la empresa para el 2015 era un 21% menor con respecto a la demanda Real, aproximadamente 2.000 unidades menos, siendo la familia de Parkas la que presenta mayor desviación. Esto se traduce a un incremento en la demanda insatisfecha por ende incrementa el porcentaje por concepto de ventas perdidas, tal como se expone en el punto 18.1.3.

Tabla 18-1 Exactitud Pronóstico realizado por la Empresa, Año 2015

	DDA. EMPRESA [UN]	DDA. REAL [UN]	EXACTITUD%
PANTALÓN	9.072	10.151	-15%
PARKA	4.260	5.311	-22%
PULLOVER	5.857	7.058	-19%
TOTAL	19.189	22.520	-21%*

*El signo negativo se debe a que se subestimó la Demanda Real en este porcentaje

Fuente: Elaboración propia

18.1.1.2 Resultados del período de evaluación del indicador

A continuación, en la Tabla 18-2 se muestran los resultados del indicador para el período de validación que corresponde al segundo semestre del 2016.

Tabla 18-2 Análisis Período 2° Semestre 2016

	DDA. Empresa [UN]	DDA. Propuesta [UN]	DDA. REAL[UN]	EXACTITUD EMPRESA %	EXACTITUD PROPUESTA %
PANTALÓN	4.536	5.950	5.548	-18%	7%
PARKA	1.326	1.799	1.621	-19%	11%
PULLOVER	3.024	4.401	4.021	-25%	9%
TOTAL	8.886	12.150	11.190	-21%*	9%

*El signo negativo se debe a que se subestimó la Demanda Real en este porcentaje

Fuente: Elaboración propia

Para el período de evaluación, segundo semestre 2016, se calculó la Exactitud en base a la demanda que la empresa proyectó mediante sus métodos actuales y la demanda real para luego compararla con la que el modelo sugiere.

Para el período de evaluación el método de pronóstico propuesto arrojó una sobrestimación de un 9% con respecto a la demanda real, mientras que el método que utilizó la empresa para pronosticar la demanda al igual que en el 2015 es un 21% menor, se puede concluir que el método propuesto logra predecir con mayor exactitud la demanda real, lo que permite reducir la demanda insatisfecha y por ende incrementar las ventas.

18.1.2 Nivel de Servicio

Con este indicador se pretende reflejar el porcentaje de los pedidos que la empresa es capaz de servir en el plazo adecuado, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{N. S. [\%]} = \frac{\text{UNIDADES DESPACHADAS}}{\text{UNIDADES PEDIDAS}}$$

18.1.2.1 Resultados históricos del indicador

Las Tablas 18-3 dejan en evidencia el nivel de servicio histórico para el año 2015, siendo en promedio 89%, tal como lo indica la Tabla 18-3 en la familia de Parkas, la empresa logra responder sólo un 83% de las unidades demandadas totales.

Tabla 18-3 Nivel de Servicio de la Empresa para el Año 2015

	UN. DESPACHADAS [UN]	UN. PEDIDAS [UN]	NIVEL DE SERVICIO [%]
PANTALÓN	10.062	10.363	97%
PARKA	5.376	6.427	83%
PULLOVER	7.350	8.551	84%
TOTAL	22.788	26.341	89%

Fuente: Elaboración propia

18.1.2.2 Resultados del período de evaluación del indicador

A continuación, en la Tabla 18-4 se muestran los resultados del indicador para el período de validación que corresponde al segundo semestre del 2016.

Tabla 18-4 Nivel de Servicio Análisis Período 2° Semestre 2016

FAMILIAS	N.S. ²⁷ EMPRESA[%]	N.S. MODELO[%]
PANTALÓN	81%	97,5%
PARKA	82%	97,5%
PULLOVER	75%	97,5%
TOTAL	80%	97,5%

Fuente: Elaboración propia

Para el período de evaluación, segundo semestre 2016, se calculó el Nivel de Servicio en base a el pedido real demandado con respecto a las unidades que la empresa logró despachar efectivamente y las que le modelo sugiere despachar en dicho período.

²⁷ N.S. Nivel de Servicio

El pedido real demandado fue de 11.190 unidades, la empresa logró responder sólo un 80% de ese pedido (Ver Anexo N el detalle del cálculo del Nivel de Servicio), generando pérdida de ventas, al comparar el Nivel de Servicio que arrojó el modelo, según lo que proyectaba despachar, este sugiere un incremento de 17 puntos porcentuales, es decir con la implantación del modelo de pronóstico de demanda se reduce la demanda insatisfecha y se logra responder un 97,5% del pedido real, donde sugiere despachar cerca de 2.000 unidades más en comparación a lo que realmente despacho la empresa para el período de la validación.

A continuación, se exponen los resultados del indicador para cada familia desagregado por tallas.

La Tabla 18-5 indica que, de un total de 5.548 unidades de Pantalones demandados para el periodo de validación, la empresa logró responder sólo un 82% del total de las unidades pedidas de esta familia, dejando una demanda insatisfecha de aproximadamente 300 unidades en las tallas L y M, a diferencia del modelo propuesto que sugiere responde un 97,5% del total de las unidades pedidas reales, dejando de responder sólo 47 unidades para las Tallas L y M.

Tabla 18-5 Nivel de Servicio Período 2° Semestre 2016 Desagregado por familia Pantalón

PANTALÓN	NIVEL DE SERVICIO								
	TOTAL	L 31%	M 32%	S 13%	XL 14%	XS 2%	XXL 5%	XXS 1%	XXXL 2%
DESPACHO REAL	4.536	1.406	1.452	590	635	91	227	45	91
DESPACHO PROY.²⁸	5.409	1.677	1.731	703	757	108	270	54	108
PEDIDOS REALES	5.548	1.720	1.775	721	777	111	277	55	111
NS EMPRESA %	82%	82%	82%	82%	82%	82%	82%	82%	82%
NS PPTP %	97,5%	97,5%	97,5%	97,5%	97,5%	97,5%	97,5%	97,5%	97,5%

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 18-6 indica que, de un total de 1.621 unidades de Parkas demandadas para el periodo de validación, la empresa logró responder sólo un 82% del total de las unidades pedidas de esta familia, dejando una demanda insatisfecha de aproximadamente 97 unidades

²⁸ PROY. Proyectado

en las tallas L y M, a diferencia del modelo propuesto que sugiere responde un 97,5% del total de las unidades pedidas reales, dejando de responder sólo 13 unidades para las Tallas L y M.

Tabla 18-6 Nivel de Servicio Período 2º Semestre 2016 Desagregado por familia Parkas

PARKA	NIVEL DE SERVICIO								
	TOTAL	L	M	S	XL	XS	XXL	XXS	XXXL
		33%	32%	12%	14%	2%	4%	1%	2%
DESPACHO REAL	1.326	438	424	159	186	27	53	13	27
DESPACHO PROY. ²⁹	1.580	522	506	190	221	32	63	16	32
PEDIDOS REALES	1.621	535	519	195	227	32	65	16	32
NS EMPRESA %	82%	82%	82%	82%	82%	82%	82%	82%	82%
NS PPTP %	97,50%	97,5%	97,5%	97,5%	97,5%	97,5%	97,5%	97,5%	97,5%

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 18-7 indica que, de un total de 4.021 unidades de Parkas demandadas para el periodo de validación, la empresa logró responder sólo un 75% del total de las unidades pedidas de esta familia, dejando una demanda insatisfecha de aproximadamente 320 unidades en las tallas L y M, a diferencia del modelo propuesto que sugiere responde un 97,5% del total de las unidades pedidas reales, dejando de responder sólo 30 unidades para las Tallas L y M.

Tabla 18-7 Nivel de Servicio Período 2º Semestre 2016 Desagregado por familia Pullover

PULLOVER	NIVEL DE SERVICIO								
	TOTAL	L	M	S	XL	XS	XXL	XXS	XXXL
		33%	32%	13%	14%	2%	4%	1%	2%
DESPACHO REAL	3.024	998	968	393	423	60	121	30	60
DESPACHO PROY.	3.920	1.294	1.255	510	549	78	157	39	78
PEDIDOS REALES	4.021	1.327	1.287	523	563	80	161	40	80
NS EMPRESA %	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%
NS PPTP %	97,5%	97,5%	97,5%	97,5%	97,5%	97,5%	97,5%	97,5%	97,5%

Fuente: Elaboración propia

²⁹ PROY. Proyectado

Los resultados de la validación arrojaron que los métodos de pronóstico de demanda propuesto mejoraron el desempeño para las tres líneas de productos aproximadamente en un 16%, siendo la familia de Pullover la más beneficiada, con un incremento en el nivel de servicio de un 22,3%. Para las tres líneas de productos se aprecia que, el nivel de servicio global se incrementa a un 97%.

Este incremento se ve reflejado en el número de unidades vendidas para estos productos en dicho período. La tabla 18-8 muestra el incremento por concepto de ingresos por ventas gracias a que no se produjeron quiebres de inventario. Además, en la Tabla 18-9 se muestra el beneficio monetario de estas ventas (cálculo basado en el margen monetario unitario obtenido por producto).

Tabla 18-8 Ingreso por Ventas Reales vs Ingreso por Ventas Proyectadas, para el período de validación

Ingresos por venta Modelo Actual [\$]	Ingresos por venta Modelo Propuesto [\$]	Ingresos por venta adicional Modelo Propuesto [\$]
157.933.800	193.267.200	35.333.400

**Son las ventas reales que realizó para ese período, ver Anexo N detalles del cálculo de los ingresos por ventas*

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18-9 Beneficios Reales vs Beneficios Proyectadas, para el período de validación

Beneficio Empresa Modelo Actual [\$]	Beneficio Empresa Modelo Proyectado [\$]	Diferencia de los Beneficios [\$]
87.826.002	108.156.005	20.330.003

**Son las ventas reales que realizó para ese período, ver Anexo N detalles del cálculo de los beneficios*

Fuente: Elaboración propia

Las ventas con el modelo propuesto se lograron aumentar un 22,3%, lo que corresponde a cerca de \$ 35 millones de pesos con respecto a las ventas reales (Ver Tabla 18-8) lo que se traduce a un incremento del beneficio semestral aproximado a \$20 millones de pesos con

respecto a las utilidades obtenidas por la empresa para el semestre evaluado. (Ver Tabla 18-9).

Otro beneficio del mejoramiento del nivel de servicio es la disminución del costo de buena voluntad, el cual se hace cargo de la pérdida de imagen que experimenta la empresa en el mercado con respecto a sus competidores. Como ya se mencionó en la sección costos de inventario, éste es difícil de calcular por lo que escapa al alcance de este estudio. Por lo tanto, el beneficio económico debido al mejor nivel de servicio resultante está subvalorando el beneficio real. Sin embargo, este costo está estrechamente ligado y se refleja directamente en el nivel de servicio entregado por la empresa.

18.1.3 Venta Perdida

VENTA PERDIDA = DDA. INSASTIFECHA * PRECIO VENTA

18.1.3.1 Resultados históricos del indicador

Las Tablas 18-10 dejan en evidencia que las ventas pérdidas para el año 2015 fueron de \$ 42 millones de pesos, siendo la familia de Parkas la que reporta mayor pérdida por concepto de ventas.

Tabla 18-10 Ventas Perdidas de la Empresa para el Año 2015

	DDA. INSATISFECHA [UN.]	PRECIO VTA. Unitario [\$]	VENTAS PERDIDAS [\$]	UTILIDAD PERDIDA [\$]
PANTALÓN	301	10.800	3.250.000	1.295.721
PARKA	1.051	45.900	48.250.900	27.732.737
PULLOVER	1.201	15.900	19.095.900	13.229.015
TOTAL			70.596.800	42.257.000

Fuente: Elaboración propia

18.1.3.2 Resultados del período de evaluación del indicador

A continuación, en la Tabla 18-11 se muestran los resultados del indicador para el período de validación que corresponde al segundo semestre del 2016.

Tabla 18-11 Venta Perdida Período 2° Semestre 2016

Valor Demanda Insatisfecha Modelo Actual [\$]	Valor Demanda Insatisfecha Modelo Propuesto [\$]	Ingresos por venta adicional Modelo Propuesto [\$]
40.322.400	4.989.000	35.333.400

**Ver Anexo N detalles del cálculo de los ingresos por ventas adicionales*

Fuente: Elaboración propia

Las ventas pérdidas para el semestre en evaluación según el modelo propuesto se logran disminuir en un 88% con respecto al modelo actual, lo que corresponde a cerca de \$5 millones de pesos, en comparación a las ventas pérdidas reales para el mismo período fueron cerca de \$40 millones.

A continuación, en la Tabla 18-12 se muestran los resultados de las Utilidades perdidas por concepto de demanda insatisfecha para el período de validación que corresponde al segundo semestre del 2016. En base al modelo actual la empresa dejó de percibir una utilidad de \$ 23 millones de pesos, mientras que el modelo propuesto sugiere una pérdida solo de \$ 2 millones de pesos.

Tabla 18-12 Utilidad Perdida Período 2° Semestre 2016

Utilidad Perdida Modelo Actual [\$]	Utilidad Perdida Modelo Propuesto [\$]	Diferencia [\$]
23.122.780	2.792.777	20.330.003

**Ver Anexo N detalles del cálculo de las utilidades perdidas por concepto de demanda insatisfecha.*

Fuente: Elaboración propia

Finalmente el período de validación arrojó que el método de pronóstico propuesto sobrestimó un 9% la demanda real, reduciendo la demanda insatisfecha en un 88%, es decir con el modelo propuesto sólo se dejan insatisfechas 281 unidades versus las 2.300 unidades

que la empresa no logro responder para el período de validación, de un pedido total de 11.300 unidades, la implantación del modelo de pronóstico de demanda además de reducir la demanda insatisfecha logra responder un 97,5% del pedido real total, donde sugiere despachar cerca de 2.000 unidades más en comparación a lo que realmente despacho la empresa para el período de la validación.

Las ventas con el modelo propuesto se lograron aumentar un 22,3%, lo que corresponde a cerca de \$ 35 millones de pesos con respecto a las ventas reales (Ver Tabla 18-8) lo que se traduce a un incremento del beneficio semestral aproximado a \$20 millones de pesos con respecto a las utilidades obtenidas por la empresa para el semestre evaluado.

18.2 Indicadores de Inventario

18.2.1 Valor y Nivel de Inventario.

En la Tabla 18-13 se aprecia el nivel de inventario promedio y su valor promedio para el período de evaluación, tanto histórico como resultante, por cada familia de producto.

Tabla 18-13 Nivel de Inventario histórico vs propuesto

	NIVEL DE INVENTARIO (PROMEDIO)			VALOR DE INVENTARIO (PROMEDIO)		
	INV. REAL	INV. PROY.	Δ	INV. REAL	INV. PROY.	Δ
	[UN]	[UN]	[%]	[\$]	[\$]	[\$]
PANTALÓN	6.160	6.336	3%	8.001.840	8.230.464	228.624
PARKA	3.002	3.390	13%	11.716.806	13.231.170	1.514.364
PULLOVER	1.976	6.411	224%	1.930.552	6.263.547	4.332.995
TOTAL	11.138	16.137	45%	21.649.198	27.725.181	6.075.983

Fuente: Elaboración propia

Para cada familia se incurre en un aumento del nivel de inventario en unidades, a un 45% correspondiente a \$6 millones de pesos aproximadamente. Este aumento se entiende como una inversión más que un gasto, debido a que es fuertemente compensado con las ganancias por el aumento de las ventas al evitarse quiebres de inventario.

18.2.1.1 Rotación de Inventario y promedio de Permanencia

$$R = \frac{\text{VTAS PROMEDIO}}{\text{INVENTARIO PROMEDIO}}$$

$$\text{PERMANENCIA} = \frac{\text{INVENTARIO PROMEDIO}}{\text{VTAS PROMEDIO}}$$

Tabla 18-14 Rotación de Inventario de la Empresa año 2015

	VTA. PROMEDIO	INV. PROMEDIO	ROTACIÓN PROMEDIO	PERMANENCIA PROMEDIO [MESES]
PANTALÓN	10.062	6.375	1,58	7,60
PARKA	5.376	2.401	2,24	5,36
PULLOVER	7.350	3.038	2,42	4,96
TOTAL	22.788	11.814	1,93	6,22

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 18-15 muestra los indicadores de rotación promedio y promedio de permanencia para los diferentes productos del estudio.

Tabla 18-15 Rotación de Inventario Real vs Propuesto

	ROTACIÓN PROMEDIO			PERMANENCIA PROMEDIO		
	REAL	PROPUESTO	Δ	REAL	PROPUESTO	Δ
	[NUMERO VECES]	[NUMERO VECES]	[%]	[MESES]	[MESES]	[MESES]
PANTALÓN	0,74	0,85	16%	1,36	1,17	-0,19
PARKA	0,44	0,47	6%	2,26	2,15	-0,12
PULLOVER	1,53	1,70	11%	0,65	0,59	-0,07
TOTAL	0,90	1,01	11%	1,43	1,30	-0,37

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que, para cada familia de productos, aumentó su rotación promedio en el período de evaluación en un 11%, pasando de 0,9 a 1,01 rotaciones en un período de un semestre. Este aumento, muestra que el mejoramiento en el nivel de servicio resultante de la

simulación (de un 82% a un 97,5%), no se basó, simplemente, en aumentar el nivel promedio de inventario en forma arbitraria, sino que, produjo un efecto proporcionalmente mayor en el incremento del número de ventas proyectadas.

El promedio de permanencia pasó a ser de 1,43 meses a 1,3 meses, lo que corresponde a una disminución de un 37% para el período de evaluación. Altos niveles en ese indicador muestran demasiados recursos empleados en inventarios que pueden no tener una Materialización inmediata y que está corriendo con el riesgo de ser perdido o sufrir obsolescencia.

19 Propuesta de Implantación

Para implementar la propuesta descrita en el capítulo anterior, se deben establecer los criterios de funcionamiento y de su aplicación. En este capítulo se exponen las actividades a desarrollar en la empresa, para ejecutar los modelos propuestos.

La implantación se estructura inicialmente enunciando los criterios preliminares para la aplicación del modelo pronóstico de demanda y gestión de inventarios. Posteriormente se plantean los indicadores de gestión para el control y seguimiento de los modelos, finalmente se concluirá con una evaluación financiera que se expondrá en Capítulo 20.

19.1 Criterios Preliminares de la Aplicación del Modelo

19.1.1 Eliminar Inconsistencia en los Datos

La empresa tiene la ventaja de poseer gran cantidad de datos disponibles y de fácil acceso. Entre ellos, los más importantes son la demanda histórica de los productos por el lado del nivel de inventario, estas bases de datos presentan inconsistencias, conteniendo datos erróneos, los que podrían perjudicar notablemente el desempeño del modelo de administración de inventario. La empresa está al tanto de esta situación y está trabajando para mejorar la calidad y confiabilidad de las bases de datos que actualmente posee. Por esta razón se recomienda que, en la fase piloto, las decisiones sean revisadas y supervisadas por el jefe de compras para detectar posibles inconsistencias en los resultados.

19.1.2 Fecha Inicial de Ejecución

El primer criterio a definir para la implantación del modelo de pronóstico de demanda y gestión de inventarios es la fecha inicial de su ejecución. Se establece poner en marcha el modelo el segundo semestre del año 2017, para esta fecha se generará la primera orden de compra, debido al lead times definidos en la política de compras propuesta, las órdenes de

compra se emitirán el primer día del mes de agosto, y abastecerán los primeros meses del año 2018, de esta forma, el modelo empezará a funcionar con la mercancía ordenada desde el comienzo del año, y sus resultados serán más fáciles de percibir y controlar.

19.1.3 Adquisición de un Programa amigable

La mayor dificultad que actualmente existe para utilizar el modelo de pronóstico de demanda y gestión de inventario es que no existe en la actualidad un programa o plataforma con conexión a las bases de datos donde el modelo de administración pueda ejecutarse y presentar los resultados en forma amigable y estándar. Construir el modelo, basado en el programa Microsoft Excel, resulta demasiado engorroso, dado que muchos pasos no se pueden automatizar en forma satisfactoria, tal como se pudo comprobar en el desarrollo³⁰ de este estudio. Por esta razón se aconseja desarrollar un programa o plataforma específica para manejar el modelo de pronóstico de demanda y administración de inventario en forma amigable la cual tenga conectividad a las bases de datos, simule el nivel de inventario futuro y sugiera una cantidad a reabastecerse por producto. Además, es necesario que esta sugerencia se pueda editar o modificar, para la facilidad de inclusión de un input humano, como por ejemplo información que posea el jefe de compra, sobre el comportamiento de la demanda futura.

La propuesta de implantación del método de pronóstico de demanda y gestión de inventario analiza la viabilidad de la adquisición de un programa. A continuación, se presenta la cotización de la adquisición y en general los requisitos para la instalación.

- Costo de elaboración de los métodos: La elaboración del programa de pronóstico de demanda y gestión de inventario requiere una inversión superior a \$240.000 mil pesos. Este precio es por el concepto de desarrollar los modelos propuestos, en base a los requerimientos actuales de la empresa.

³⁰ Se presenta en el anexo citado, un instructivo de uso complementario del programa, desarrollado por los estudiantes de Trabajo de Grado

- Utilidad: El uso del programa se limitará a la ejecución del modelo de pronóstico de demanda, y debido a que el pronóstico se realiza dos veces al año, su frecuencia de uso será muy baja. Para el caso del programa para la gestión de inventario se limitará a entregar las cantidades a ordenar lo que servirá para tomar las decisiones de reposición para algunos de los productos más importantes.

19.1.4 Capacitación para el usuario del programa

Finalmente se debe capacitar al jefe de compras acerca de la utilización del programa y el input a ingresar. El usuario al abrir el programa encontrará una plataforma amigable que le permitirá calcular las cantidades a ordenar para cada familia de productos, para esto deberá introducir los siguientes datos: pronóstico de demanda de los próximos siete meses, para que luego el modelo de gestión de inventario entregue las cantidades a ordenar. (Ver Anexo L).

19.2 Indicadores de Desempeño Propuestos

Para la propuesta de implantación integral del modelo de pronóstico de demanda y gestión de inventarios se procede a definir los indicadores de gestión con los cuales se evaluará su desempeño. Con estos indicadores se empodera a la empresa para analizar, controlar y hacer seguimiento a los resultados de los modelo; igualmente, con su interpretación se podrán tomar decisiones en busca de mejorar las operaciones de la empresa. La definición de los indicadores de gestión propuestos se integrará a continuación.

19.2.1 Volumen de compra

Ejemplo de Hoja de registro para controlar los indicadores de desempeño

INDICADORES DE GESTIÓN			
ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN:		VOLUMEN DE COMPRA	PÁGINA:
APLICABLE:			REVISIÓN:
INFORMACIÓN A INGRESAR			
MES	VALOR DE LA COMPRA	TOTAL DE LAS VENTAS	VALOR INDICADOR
ENE	\$ 7.500.000	\$ 45.000.000	17%
FEB	\$ 8.000.000	\$ 48.000.000	17%
MAR	\$ 12.500.000	\$ 47.000.000	27%
ABR	\$ 12.500.000	\$ 60.000.000	21%
MAY	\$ 12.500.000	\$ 55.000.000	23%
JUN	\$ 7.000.000	\$ 50.000.000	14%
JUL	\$ 11.900.000	\$ 45.000.000	26%
AGO	\$ 14.000.000	\$ 42.000.000	33%
SEP	\$ 9.000.000	\$ 41.000.000	22%
OCT	\$ 8.500.000	\$ 43.000.000	20%
NOV	\$ 12.000.000	\$ 63.000.000	19%
DIC	\$ 7.500.000	\$ 48.000.000	16%
Año: xxxx			

Objetivo del indicador

La siguiente norma tiene por objeto controlar el crecimiento en las compras.

Objetivo específico del indicador

Controla la evolución del volumen de compra en relación con el volumen de venta.

Definición del indicador

Porcentaje sobre las ventas de los pesos gastados en compras.

Cálculo

$$\text{VALOR} = \frac{\text{VALOR DE COMPRA}}{\text{TOTAL DE LAS VENTAS}}$$

Periodicidad

Este indicador se calcula cada mes.

Responsable

El responsable por el cálculo del indicador es el Jefe de Compras.

Fuente de la información

Solicitar al Departamento de sistemas los valores mensuales de las compras realizadas en la compañía y el valor total de las ventas por mes.

Área que recibe el indicador

El indicador se presenta a la Dirección Administrativa, dentro de los 5 primeros días de cada mes.

Impacto

Conocer el peso de la actividad de compras en relación con las ventas de la empresa con el fin de tomar las mejores decisiones de compras y negociación con proveedores.

19.2.2 Entregas perfectamente recibidas

Ejemplo de Hoja de registro para controlar los indicadores de desempeño

INDICADORES DE GESTIÓN			
ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN:		ENTREGAS PERFECTAMENTE RECIBIDAS	PÁGINA:
APLICABLE:			REVISIÓN:
INFORMACIÓN A INGRESAR			
MES	PEDIDOS RECHAZADOS	TOTAL DE ORDENES COMPRADAS	VALOR INDICADOR
ENE	3	24	13%
FEB	2	23	9%
MAR	3	22	14%
ABR	4	25	16%
MAY	2	24	8%
JUN	3	26	12%
JUL	4	27	15%
AGO	2	28	7%
SEP	3	22	14%
OCT	4	23	17%
NOV	2	21	10%
DIC	2	22	9%
Año: xxxx			

Objetivo del indicador

La siguiente norma tiene por objeto controlar la calidad de los productos recibidos, junto con la puntualidad de las entregas de los proveedores de mercancía.

Objetivo específico del indicador

Controlar la calidad de los productos recibidos, y la puntualidad de las entregas de los proveedores de mercancía.

Definición del indicador

Número y porcentaje de productos y pedidos (líneas) que no cumplan las especificaciones de calidad y servicio definidas, con desglose por proveedor.

Cálculo

$$\text{VALOR} = \frac{\text{UNIDADES DESPACHADAS}}{\text{UNIDADES PEDIDAS}} * 100 [\%]$$

Periodicidad

Este indicador se calcula cada mes.

Responsable

El responsable por el cálculo del indicador es Jefe de Bodega.

Fuente de la información

Solicitar al Departamento de sistemas un informe de la cantidad de pedidos que fueron rechazados durante el periodo y el total de las órdenes de compra realizadas por periodo.

Área que recibe el indicador

El indicador se presenta a la Dirección Administrativa, dentro de los 5 primeros días de cada mes.

Impacto

Costos de recibir pedidos sin cumplir las especificaciones de calidad y servicio, como: costo de retorno, coste de volver a realizar pedidos, retrasos en la producción, coste de inspecciones adicionales de calidad, etc.

19.2.3 Rotación de Mercancía

Ejemplo de Hoja de registro para controlar los indicadores de desempeño

INDICADORES DE GESTIÓN			
ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN:		ROTACIÓN DE INVENTARIO	PÁGINA:
APLICABLE:			REVISIÓN:
INFORMACIÓN A INGRESAR			
MES	VENTAS ACUMULADA	INVENTARIO PROMEDIO	VALOR INDICADOR
ENE	\$ 45.000.000	\$ 7.500.000	6,0
FEB	\$ 48.000.000	\$ 8.000.000	6,0
MAR	\$ 47.000.000	\$ 12.500.000	3,8
ABR	\$ 60.000.000	\$ 12.500.000	4,8
MAY	\$ 55.000.000	\$ 12.500.000	4,4
JUN	\$ 50.000.000	\$ 7.000.000	7,1
JUL	\$ 45.000.000	\$ 11.900.000	3,8
AGO	\$ 42.000.000	\$ 14.000.000	3,0
SEP	\$ 41.000.000	\$ 9.000.000	4,6
OCT	\$ 43.000.000	\$ 8.500.000	5,1
NOV	\$ 63.000.000	\$ 12.000.000	5,3
DIC	\$ 48.000.000	\$ 7.500.000	6,4
Año: xxxx			

Objetivo general del indicador

La siguiente norma tiene por objeto controlar las salidas por referencias y cantidades de la bodega.

Objetivo específico del indicador

Controlar la cantidad de los productos despachados desde de la bodega.

Definición del indicador

Proporción entre las ventas y las existencias promedio e indica el número de veces que el capital invertido se recupera a través de las ventas.

Cálculo

$$\text{VALOR} = \frac{\text{VENTAS ACUMULADAS}}{\text{INVENTARIO PROMEDIO}} = \text{NÚMERO DE VECES}$$

Periodicidad

Este indicador se calcula cada mes.

Responsable

El responsable por el cálculo del indicador es el Jefe de bodega.

Fuente de la información

Solicitar al Departamento de sistemas informe del valor total de las ventas y el inventario por mes.

Área que recibe el indicador

El indicador se presenta a la Dirección Administrativa, dentro de los 5 primeros días de cada mes.

Impacto

Las políticas de inventario en general deben mantener un elevado índice de rotación. Para lo anterior se requiere diseñar políticas de entregas muy frecuentes, con tamaños muy pequeños.

19.2.4 Nivel de cumplimiento en despachos

Ejemplo de Hoja de registro para controlar los indicadores de desempeño

INDICADORES DE GESTIÓN			
ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN:		NIVEL DE CUMPLIMIENTO DE LOS DESPACHOS	PÁGINA:
APLICABLE:			REVISIÓN:
INFORMACIÓN A INGRESAR			
MES	DESPACHOS CUMPLIDOS A TIEMPO	DESPACHOS REQUERIDOS	VALOR INDICADOR
ENE	4.000	4.100	98%
FEB	4.500	4.600	98%
MAR	5.000	5.200	96%
ABR	5.400	5.600	96%
MAY	5.800	6.000	97%
JUN	6.200	6.400	97%
JUL	6.600	6.800	97%
AGO	4.000	4.500	89%
SEP	4.400	4.600	96%
OCT	4.800	5.000	96%
NOV	4.200	4.500	93%
DIC	4.600	4.800	96%
Año: xxxx			

Objetivo general del indicador

La siguiente norma tiene por objeto controlar la eficacia de los despachos efectuados.

Objetivo específico del indicador

Controlar la eficacia de los despachos efectuados.

Definición del indicador

Definición Consiste en conocer el nivel de efectividad de los despachos de mercancías a los clientes en cuanto a los pedidos enviados en un periodo determinado.

Cálculo

$$\text{VALOR} = \frac{\text{NÚMERO DE DESPACHOS CUMPLIDOS A TIEMPO}}{\text{NÚMERO TOTAL DESPACHOS REQUERIDOS}}$$

Periodicidad

Este indicador se calcula cada mes.

Responsable

El responsable por el cálculo del indicador es el Jefe de Compras.

Fuente de la información

Solicitar al Jefe del Compras o de Bodega el informe del total de despachos efectuados durante el periodo

Área que recibe el indicador

El indicador se presenta a la Dirección Administrativa, dentro de los 5 primeros días de cada mes.

Impacto

Sirve para medir el nivel de cumplimiento de los pedidos solicitados al centro de distribución y conocer el nivel de agotados que maneja la bodega.

19.2.5 Duración del Inventario

Ejemplo de Hoja de registro para controlar los indicadores de desempeño

<i>INDICADORES DE GESTIÓN</i>			
<i>ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN:</i>		<i>DURACIÓN DE INVENTARIO</i>	<i>PÁGINA:</i>
<i>APLICABLE:</i>			<i>REVISIÓN:</i>
<i>INFORMACIÓN A INGRESAR</i>			
<i>MES</i>	<i>VENTAS PROMEDIO</i>	<i>INVENTARIO FINAL</i>	<i>VALOR INDICADOR (días)</i>
<i>ENE</i>	\$ 45.000.000	\$ 7.500.000	6
<i>FEB</i>	\$ 48.000.000	\$ 8.000.000	6
<i>MAR</i>	\$ 47.000.000	\$ 12.500.000	4
<i>ABR</i>	\$ 60.000.000	\$ 12.500.000	5
<i>MAY</i>	\$ 55.000.000	\$ 12.500.000	4
<i>JUN</i>	\$ 50.000.000	\$ 7.000.000	7
<i>JUL</i>	\$ 45.000.000	\$ 11.900.000	4
<i>AGO</i>	\$ 42.000.000	\$ 14.000.000	3
<i>SEP</i>	\$ 41.000.000	\$ 9.000.000	5
<i>OCT</i>	\$ 43.000.000	\$ 8.500.000	5
<i>NOV</i>	\$ 63.000.000	\$ 12.000.000	5
<i>DIC</i>	\$ 48.000.000	\$ 7.500.000	6
<i>Año: xxxx</i>			

Objetivo general del indicador

La siguiente norma tiene por objeto controlar la duración de los productos en la bodega.

Objetivo específico del indicador

Controlar los días de inventario disponible de la mercancía almacenada en el centro de distribución.

Definición del indicador

Proporción entre el inventario final y las ventas promedio del último período e indica cuantas veces dura el inventario que se tiene.

Cálculo

$$\text{VALOR} = \frac{\text{INVENTARIO FINAL}}{\text{VENTAS PROMEDIO}} * 30 \text{ DÍAS}$$

Periodicidad

Este indicador se calcula cada mes.

Responsable

El responsable por el cálculo del indicador es el Jefe de bodega.

Fuente de la información

Solicitar al Departamento de sistemas informe del valor total de las ventas y el inventario por mes.

Área que recibe el indicador

El indicador se presenta a la Dirección Administrativa, dentro de los 5 primeros días de cada mes.

Impacto

Altos niveles en ese indicador muestran demasiados recursos empleados en inventarios que pueden no tener una materialización inmediata y que está corriendo con el riesgo de ser perdido o sufrir obsolescencia.

19.2.6 Valor económico del inventario

Ejemplo de Hoja de registro para controlar los indicadores de desempeño

INDICADORES DE GESTIÓN			
ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN:		VALOR ECONÓMICO DEL INVENTARIO	PÁGINA:
APLICABLE:			REVISIÓN:
INFORMACIÓN A INGRESAR			
MES	VALOR INVENTARIO FÍSICO	VALOR COSTO VENTA/MES	VALOR INDICADOR
ENE	\$ 7.500.000	\$ 69.500.000	11%
FEB	\$ 8.000.000	\$ 88.000.000	9%
MAR	\$ 12.500.000	\$ 72.500.000	17%
ABR	\$ 12.500.000	\$ 62.500.000	20%
MAY	\$ 12.500.000	\$ 125.000.000	10%
JUN	\$ 7.000.000	\$ 8.000.000	88%
JUL	\$ 11.900.000	\$ 119.000.000	10%
AGO	\$ 14.000.000	\$ 140.000.000	10%
SEP	\$ 9.000.000	\$ 90.000.000	10%
OCT	\$ 8.500.000	\$ 98.500.000	9%
NOV	\$ 12.000.000	\$ 120.000.000	10%
DIC	\$ 7.500.000	\$ 75.000.000	10%
Año: xxxx			

Objetivo general del indicador

La siguiente norma tiene por objeto controlar el valor de la mercancía que se encuentra almacenada con respecto a las mercancías que está saliendo por ventas.

Objetivo específico del indicador

Medir y controlar el valor del inventario promedio respecto a las ventas.

Definición del indicador

Mide el porcentaje del costo del inventario físico dentro del costo de venta de la mercancía.

Cálculo

$$\text{VALOR} = \frac{\text{COSTO VENTA DEL MES}}{\text{VALOR INVENTARIO FÍSICO}}$$

Periodicidad

Este indicador se calcula cada mes.

Responsable

El responsable por el cálculo del indicador es el Jefe de bodega.

Fuente de la información

Fuente de la información Solicitar al Departamento de sistemas el valor del último inventario físico realizado y el costo de las ventas realizadas durante el último mes.

Área que recibe el indicador

El indicador se presenta a la Dirección Administrativa, dentro de los 5 primeros días de cada mes.

Impacto

En un periodo de tiempo se mide el nivel el valor del inventario de producto terminado en relación con las ventas al costo. Esto con el fin de evaluar el cumplimiento de las políticas de inventario de la compañía.

19.2.7 Exactitud en Inventarios

Ejemplo de Hoja de registro para controlar los indicadores de desempeño

INDICADORES DE GESTIÓN				
ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN:		EXACTITUD INVENTARIO	DEL	PÁGINA:
APLICABLE:				REVISIÓN:
INFORMACIÓN A INGRESAR				
MES	VALOR DIFERENCIA [\$]	VALOR TOTAL DEL INVENTARIO	VALOR INDICADOR	
ENE	\$ 7.000.000	\$ 109.500.000	6%	
FEB	\$ 10.000.000	\$ 118.000.000	8%	
MAR	\$ 11.000.000	\$ 112.500.000	10%	
ABR	\$ 10.000.000	\$ 122.500.000	8%	
MAY	\$ 15.000.000	\$ 125.000.000	12%	
JUN	\$ 13.000.000	\$ 100.000.000	13%	
JUL	\$ 12.000.000	\$ 119.000.000	10%	
AGO	\$ 10.000.000	\$ 140.000.000	7%	
SEP	\$ 11.000.000	\$ 161.000.000	7%	
OCT	\$ 3.000.000	\$ 152.000.000	2%	
NOV	\$ 5.000.000	\$ 103.000.000	5%	
DIC	\$ 13.000.000	\$ 124.000.000	10%	
Año: xxxx				

Objetivo general del indicador

La siguiente norma tiene por objeto controlar la confiabilidad de la mercancía que se encuentra almacenada.

Objetivo específico del indicador

Controlar y medir la exactitud en los inventarios en pos de mejorar la confiabilidad

Definición del indicador

Se determina midiendo el número de referencias que presentan descuadres con respecto al inventario lógico cuando se realiza el inventario físico.

Cálculo

$$\text{VALOR} = \frac{\text{VALOR DIFERENCIA}(\$)}{\text{VALOR TOTAL INVENTARIO}} * 100\%$$

Periodicidad

Este indicador se calcula cada mes.

Responsable

El responsable por el cálculo del indicador es el Jefe de bodega.

Fuente de la información

Fuente de la información Solicitar al Departamento de sistemas el valor del último inventario físico realizado y el costo de las ventas realizadas durante el último mes.

Área que recibe el indicador

El indicador se presenta a la Dirección Administrativa, dentro de los 5 primeros días de cada mes.

Impacto

Conocer el nivel de confiabilidad de la información de inventarios en centros de distribución con el fin de identificar los posibles desfases en los productos almacenados y tomar acciones correctivas con anticipación y que afectan la rentabilidad de las empresas.

20 Evaluación Financiera y Cualitativa de la Propuesta

Definido el modelo de pronóstico de demanda y gestión de inventario, propuesto a la empresa, y sus requerimientos de implantación, es pertinente analizar los costos incurridos en su aplicación, y establecer una comparación cuantitativa con respecto al modelo actual. En este capítulo se presenta la evaluación cuantitativa del modelo propuesto para el periodo en el cual se realizó la prueba piloto. En el análisis financiero se compararán los costos y beneficios correspondientes al mismo período de tiempo. Posteriormente se identificarán los criterios cualitativos que justifican la implantación del modelo de pronóstico de demanda y gestión de inventario propuesto en la empresa.

20.1 Evaluación Financiera de la Propuesta

Los costos por analizar en la evaluación financiera son principalmente los relacionados con la internación de los productos al país y los costos de creación del modelo de pronósticos, los que serán analizados en los apartados a continuación.

20.1.1 Costos de Importación

La evaluación financiera se realiza en primer lugar, comparando las cantidades a ordenar adicionales por el sistema propuesto respecto al sistema actual.

A continuación, la Tabla 20-1 refleja el costo de importación correspondiente a la orden de compra generada en Octubre 2016 con un Ledtime de llegada de 4 meses, que abastecerá el período comprendido entre los meses marzo a septiembre 2017. El siguiente cuadro muestra los resultados.

Tabla 20-1 Resultados totales de los costos de importación para ambos modelos, marzo a septiembre 2017

Costo de importación Modelo Actual [\$]	Costo de importación Modelo Propuesto [\$]	Diferencia [\$]
115.320.363	169.759.783	54.439.420

Fuente: Elaboración propia

Se observa que el modelo propuesto, se incurre en un costo adicional por concepto de importación de mercancía de \$ 54 millones de pesos. Importar un 68% más que lo sugerido por el modelo actual permite incrementar las ventas, así como también las utilidades brutas.

También se quiere dejar en evidencia la diferencia de costos de importación para el periodo de validación de datos que corresponde al segundo semestre del 2016.

En la Tabla 20-2 es pertinente aclarar para el período de validación de datos, junio a diciembre de 2016 no se tiene la orden de compra real para realizar la comparación (orden puesta en enero 2016) por tal motivo los costos de importación se establecen en términos de las demandas reales y las cantidades que arrojó el modelo de pronóstico de demanda. Se observa que el modelo propuesto, incurre en un costo adicional por concepto de importación de mercancía de \$ 15 millones de pesos, para el período de validación de los datos.

Tabla 20-2 Resultados totales de los costos de importación para ambos modelos, período Junio a Diciembre de 2016

Costo de importación Modelo Actual [\$]	Costo de importación Modelo Propuesto [\$]	Diferencia [\$]
74.699.859	90.685.978	15.986.120

Fuente: Elaboración propia

Se observa que el modelo propuesto, sugiere ordenar un 21% adicional incurriendo en un costo adicional por concepto de importación de mercancía de \$ 15 millones de pesos, lo que permite incrementar las ventas, así como también las utilidades brutas.

La Tabla 20-3, relaciona la demanda insatisfecha en valor monetario del modelo actual y propuesto para el periodo de evaluación, junio a diciembre de 2016, incrementando los ingresos por venta en \$ 35 millones de pesos.

Tabla 20-3 Ingresos por Ventas adicionales para ambos modelos, período Junio a Diciembre de 2016

Valor Demanda Insatisfecha Modelo Actual [\$]	Valor Demanda Insatisfecha Modelo Propuesto [\$]	Ingresos por venta adicional Modelo Propuesto [\$]
40.322.400	4.989.000	35.333.400

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se identifican los Beneficios como las ventajas experimentadas por la empresa al aplicar el sistema de pronóstico de demanda y gestión de inventario propuesto, es decir los ingresos por ventas adicionales de \$ 35 millones de pesos, dados por la reducción del indicador de demanda insatisfecha se traducen a \$ 20 millones de pesos.

Tabla 20-4 Beneficios Totales, período Junio a Diciembre de 2016

Beneficio Modelo Actual [\$]	Beneficio Modelo Propuesto [\$]	Diferencia [\$]
87.826.002	108.156.005	20.330.003

Fuente: Elaboración propia

Es decir, como se reflejó en el periodo de validación de junio a diciembre de 2016, aumentar un 21% la orden significa incrementar los ingresos por ventas tras reducir la demanda insatisfecha en un 88% generando beneficios de \$ 20 millones de pesos.

20.1.2 Costos de Elaboración del Pronóstico

A los costos descritos, se debe sumar el costo de la elaboración del pronóstico de demanda y gestión de inventario, se observa que el costo por hora establecido para el desarrollo de modelos es de \$250.000 mil pesos. Asumiendo un tiempo de 8-12 horas para la elaboración del pronóstico, y teniendo en cuenta que en el período analizado de la evaluación financiera sólo se realiza una vez.

Analizados los costos y los beneficios resultado de la aplicación del modelo propuesto, la evaluación financiera procede calcular la relación Beneficio /Costo.

La relación B / C de la aplicación del modelo propuesto, con respecto al modelo actual, se calcula con la siguiente operación:

$$\text{Relación B/C} = \frac{\text{Ingresos por Ventas Adicionales}}{\text{Costos de Importación} + \text{Servicios de Pronósticos}}$$

Es pertinente aclarar que los beneficios y costos de la relación, se establecen en términos equivalentes, es decir calculados para el mismo período definido en los meses en el cual se realizó la prueba de validación de los datos, junio a diciembre de 2016.

Los resultados de los términos de la validación financiera son:

Tabla 20-5 Análisis de los Costos incurridos

Costo de importación adicional	\$15.986.120
Servicio de elaboración del pronóstico	\$240.000
COSTO TOTAL	\$16.226.120
Ingreso por ventas adicional (reducción Demanda Insatisfecha)	\$35.333.400
BENEFICIO TOTAL	\$35.333.400
UTILIDAD	\$19.107.280
Relación B/C	2,18

Fuente: Elaboración propia

Dado que el resultado de la relación B/C es de 2,18 se afirma que el sistema pronóstico de demanda y gestión de inventario propuesto son económicamente viable y beneficioso para la empresa.

La utilidad mostrada en la tabla de resultados, se refiere a la diferencia entre los beneficios generados por el ingreso de ventas adicionales y los costos estudiados; este valor que corresponde a \$16.226.120 millones de pesos, muestra que la aplicación del sistema

propuesto en el período analizado trae beneficios económicos que mejorarían considerablemente la situación financiera de la empresa.

De esta forma, el análisis financiero determina la aprobación económica de la ejecución del modelo propuesto; y se procede a analizar los criterios de evaluación cualitativa de su implantación.

20.2 Análisis Cualitativo del Modelo Propuesto

Se identifican los siguientes criterios cualitativos que justifican la implantación del modelo propuesto:

- Ventajas del servicio de outsourcing para la elaboración del pronóstico: En primer lugar la decisión de la elaboración del pronóstico por fuera de la empresa libera carga de trabajo al jefe de compra a y a su vez proporciona la confiabilidad del mismo al ser desarrollado por un modelador experto. Igualmente, al escoger este servicio de outsourcing en lugar de comprar el programa, se evita la necesidad de capacitar al personal en el uso de un programa ajeno a sus conocimientos, solamente se necesita capacitar sobre la fuente de información que deberá utilizar.
- El software de compras, realizan los cálculos de las cantidades a ordenar automáticamente; de esta forma proporcionan eficiencia en el proceso y confiabilidad en los resultados además son de fácil lectura y entendimiento. Proporcionan facilidad de manipular y modificar los datos.
- El modelo propuesto de pronóstico de demanda y gestión de los inventarios, tiene en cuenta la variabilidad de la demanda, y las incertidumbres que el mercado presenta.

21 Conclusión y Recomendaciones

En el estudio realizado para la empresa, se utilizó un modelo de pronósticos de demanda y un modelo de administración de inventario con revisión periódica que buscó usar eficientemente los recursos invertidos en el inventario, sujeto a un nivel de servicio dado. Estas herramientas, nuevas para la empresa, dieron una base para el área de compra, lo cual contribuyó fuertemente a mejorar en la proyección de la demanda y gestión de su inventario.

Los productos seleccionados fueron los más representativos del cliente en estudio y para la empresa, debido a su alto nivel de ventas y demandas insatisfechas. Estos productos correspondieron a proveedores asiáticos, desde donde la empresa realiza importación directa, lo cual hace más compleja su administración, debido al Lead-Time (4 meses promedio). El estudio mediante la clasificación ABC arrojó que las tres familias (20%) más representativas reportan el 80% de los ingresos percibidos por el cliente Enex, equivalente a un 21% de las ventas de la compañía y la demanda insatisfecha es de un 13,5% de los despachos para abastecer al cliente Enex.

Para realizar el análisis de la situación actual se seleccionó un período de evaluación de 30 meses (Enero del 2014 hasta Junio del 2016). El nivel de servicio del conjunto de los productos arrojó un 89% para las tres familias con una demanda insatisfecha de 13,5% equivalente a \$70 millones de pesos. Se puede concluir que esto es debido, principalmente, a la inexistencia de un procedimiento que formalice y ordene las decisiones de compra o reposición de productos, a que no utiliza un modelo de pronóstico de demanda que incluya comportamientos tendenciales y estacionales que soporte a las decisiones del modelo de administración de inventario y un limitado conocimiento de pronóstico por parte del personal del área de compra. Esta situación producía confusión y desorden, dejando las decisiones a la intuición y criterio del jefe de compra a cargo. Por estas razones no se realizaron pedidos entre los meses previos al aumento de la demanda por su comportamiento estacional, provocando quiebres de inventario generando demanda insatisfecha. Por otro lado, se pudo observar que la empresa no tenía claridad acerca de la política de inventario que utilizaba.

Esto se refleja en el número de rotaciones anuales, el cual llegaba a sólo 2 y una permanencia promedio en inventario de 6 meses.

La elección del modelo de pronóstico de demanda Holt Winters cumplió con el objetivo de incorporar el comportamiento estacional. Esto, era esencial abordarlo debido a los frecuentes quiebres de inventario en periodos estacionales de peak de demanda. Este modelo de pronóstico se desempeñó razonablemente bien, teniendo errores medios porcentual absolutos de pronósticos para 36 meses de 18,6%, lo cual da tranquilidad pues debe entregar un input confiable al modelo de política de inventario el cual tomará las decisiones de pedidos basándose en la demanda futura pronosticada.

Se creó un modelo de administración de inventario basándose en el sistema de revisión periódica, dado que éste se ajustaba a las restricciones que enfrenta la empresa por parte de sus proveedores, los cuales aceptan pedidos sólo en una ventana específica y determinada de tiempo. Económicamente tiene la ventaja de tener la posibilidad de consolidar pedidos de distintos productos, obteniendo ahorros en la utilización de los espacios de embarque. Además, simplifica y ordena la tarea de reposición, dado que ésta se realiza periódicamente mejorando su planificación. El modelo sugiere una revisión cada siete meses, manteniendo un inventario objetivo y stock de seguridad, con el objetivo de satisfacer el 97,5% de todos los pedidos. La utilización conjunta del modelo de pronóstico de demanda y del modelo de administración de inventario se potencia, dado que permiten entregar una visibilidad del nivel de inventario futuro y las decisiones de compra de productos a efectuarse. Este es un gran avance para la empresa, pues entregará información útil tanto para el área de compras. Por ejemplo, los quiebres de productos esperados, lo que permitirá tomar acciones proactivas de contingencia para eliminarlos o reducirlos. Además, al entregar un panorama de las decisiones de compra a efectuarse, permitirá prever y planificar los recursos necesarios para ello, como son el manejo del presupuesto para compras, recursos humanos necesarios, entre otros.

Se simuló el desempeño del pronóstico de demanda y política de inventario para inventario para el segundo semestre del 2016.

Se logró mejorar el pronóstico de demanda utilizando el método de Holt-Winters, obteniendo una variabilidad en el error de pronóstico de aproximadamente un 8% con respecto a los datos históricos. Éste logró reducir la demanda insatisfecha de las tres familias de productos, pasando de un 89% a un 97% de nivel de servicio.

Tal incremento en el nivel de servicio se consiguió con un buen modelo de política de inventario donde, el número de rotaciones promedios para el período de evaluación, para cada familia de productos, aumentó su rotación promedio en el período de evaluación en un 11%, pasando de 0,9 a 1,01 rotaciones en un período de un semestre. Este aumento, muestra que el mejoramiento en el nivel de servicio resultante de la simulación (de un 82% a un 97,5%), no se basó, simplemente, en aumentar el nivel promedio de inventario en forma arbitraria, sino que, produjo un efecto proporcionalmente mayor en el incremento del número de ventas proyectadas.

Este desempeño repercute favorablemente en la disminución de las ventas perdidas, al disminuir la demanda insatisfecha dentro de los productos seleccionados, el cual se cuantificó en \$35 millones de pesos mensuales. El modelo propuesto sugiere una pérdida de \$ 5 millones de pesos por concepto de ventas perdidas versus los \$ 40 millones que la empresa perdió en periodo de evaluación.

Esta disminución tiene beneficios económicos por concepto de utilidades. Así, el beneficio total cuantificable resultante de la simulación, al utilizar el modelo de pronóstico de demanda y gestión de inventario propuesto asciende a \$20 millones de pesos semestrales para los productos seleccionados, lo que corresponde a 56% de las ventas brutas. Siendo la familia de Parkas la que reporta mayores utilidades, debido al margen unitario, que es cinco veces más que la familia de pantalones y el doble que la familia de Pullover.

Es importante destacar la adopción de un inventario de seguridad que internalizara la variabilidad en el tiempo de entrega por parte de la fuente de suministro. Este entregó protección contra esta fuente de incertidumbre, además de la incertidumbre misma de la utilización de pronósticos de demanda. La utilización de la variabilidad del error de pronóstico de demanda en la confección del inventario de seguridad, en vez de la variabilidad promedio histórica de la demanda, permitió disminuir el nivel del inventario de seguridad requerido, pues se dispone de un pronóstico de demanda con una precisión razonable.

Para finalizar, se recomienda a la empresa empezar a utilizar el modelo de pronóstico de demanda y administración de inventario propuesto. Es necesario que la empresa limpie y estandarice su base de datos con el propósito de sacar provecho a la gran cantidad de información que ésta posee y prevenir malas decisiones resultantes del modelo. Además, se recomienda desarrollar un programa o plataforma que ejecute el modelo de administración de inventario y que sirva como interfaz con el usuario. Además se propone trabajar con indicadores de desempeño en ambos modelos propuestos, pues la medición y control de éstos es fundamental, pues son representativos de la eficiencia de su administración, al medir aspectos claves como la disponibilidad de los productos y la eficacia en el uso del capital de trabajo invertido para ello.

22 Bibliografía

- Ballou, R. (2004). *Logística. Administración de la cadena de suministro*. 5ª ed., México: Pearson Educación.
- Blanco, F. (2003). *Contabilidad de costes y analítica de gestión para las decisiones estratégicas*. 9ª ed., Madrid: Ediciones Deusto.
- Chopra, S. (2008). *Administración de la Cadena de Suministro*. 3ª ed., México: Pearson Educación
- Chase, R. y N. Aquilano (1995). *Dirección y administración de la producción y de las Operaciones*. 6ª ed., México: McGraw-Hill.
- Díaz, A. (1999). *Gerencia de inventarios*. Venezuela: Ediciones IESA.
- Gayle, L. (1999). *Contabilidad y administración de costos*. 6ª ed., México: McGraw-Hill Interamericana.
- Gaither, N. y G. Frazier (2000). *Administración de producción y operaciones*. 4ª ed., México: International Thomson Editores.
- Hanke, J. (2010). *Pronóstico en los Negocios*. 9ª ed., México: Pearson Educación.
- Heizer, J. y B. Render (2001). *Dirección de la producción. Decisiones tácticas*. 6ª ed., España: Pearson Educación.
- Horngren, CH., G. Foster y S. Datar (2002). *Contabilidad de costos. Un enfoque gerencial*. 10ª ed., México: Pearson Educación.

- Muñoz, F. (2003). *La gestión de inventarios por el proveedor (Vendor Managed Inventory)*. Revista de Anuales de Mecánica y Electricidad, Enero-Febrero, pp.16-20.
- Nahmias, S. (2007). *Análisis de la producción y las operaciones*. 5ª ed., México: McGraw-Hill Interamericana
- Noori, H. y Radford R. (1997). *Administración de operaciones y producción*. Calidad total y respuesta sensible rápida. Colombia: McGraw-Hill Interamericana.
- Ortiz Z., Carmen y Seccatore G., Luis. (2013). *Modelamiento y Gestión de Negocios*. Paper Conceptual-Práctico. Universidad de Valparaíso, Chile. pp. 541-579.
- Richardson, Helen (1995). *Transportation & Distribution*, “Control Your Costs then Cut Them” Diciembre 1995.
- Sipper, D. y R. Bulfin (1998). *Planeación y control de la producción*. México: McGraw-Hill Interamericana.

Anexo A

Ponderación de las Dimensiones Para la elección del problema

A continuación se muestra la encuesta utilizando un método de muestreo no probabilístico³¹ realizada a los jefes de cada área para la elección de la problemática.

(4) Muy Importante

(3) Importante

(2) Relativamente Importante

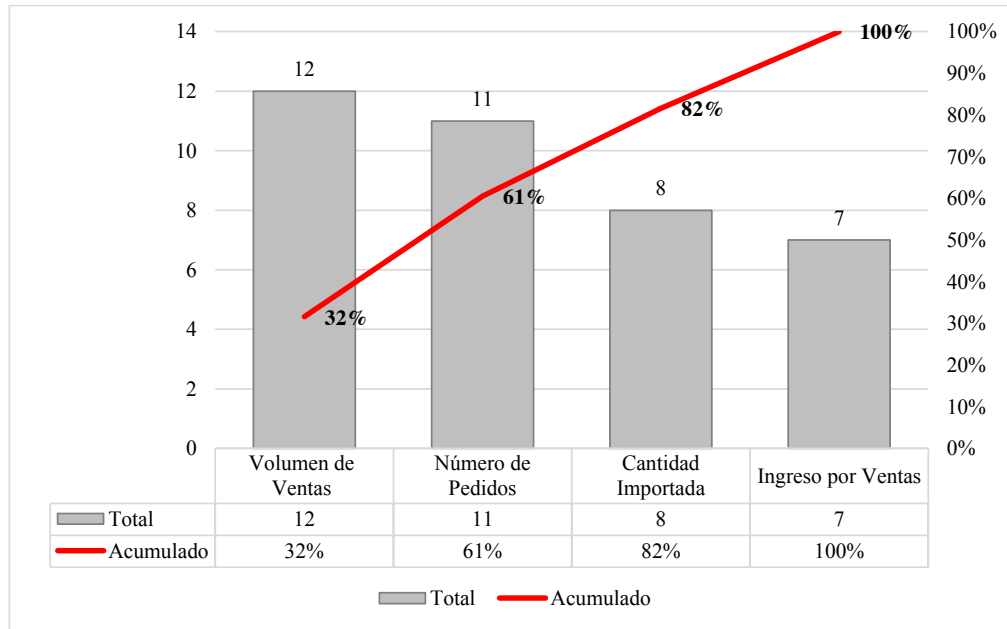
(1) Indiferente

DIMENSIÓN	ÁREA COMERCIAL	ÁREA LOGÍSTICA	ÁREA OPERACIONES	TOTAL
Volumen de Ventas	4	4	4	12
Número de Pedidos	3	4	4	11
Cantidad Importada	4	2	2	8
Ingreso por Ventas	4	1	2	7
Total				38

³¹ El muestreo no probabilístico o dirigido es una técnica de muestreo donde las muestras se recogen en un proceso que no brinda a todos los individuos de la población iguales oportunidades de ser seleccionados

En la siguiente tabla se muestra los resultados de la encuesta ponderados.

Dimensiones Jerarquizadas



Anexo B

Entrevista al área de Compras

En la siguiente tabla se ponderan las preguntas realizadas al área de compras para analizar cuál es el cliente que presenta mayor cantidad de problemas al momento de predecir la demanda.

Tabla de Ponderación para diagnosticar la problemática:

PREGUNTAS		PONDERACIONES	
P1	¿Presentan problemas al predecir la demanda?	5	Totalmente de acuerdo
P2	¿Ha habido quiebres de Inventario en los últimos 12 meses?	4	De acuerdo
P3	¿Tienen alguna herramienta de pronóstico de demanda?	3	Indiferente
P4	¿Tienen exceso de inventario actualmente?	2	En desacuerdo
		1	Totalmente en desacuerdo

CLIENTE	P1	P2	P3	P4	PONDERACIÓN
ENEX	5	4	1	4	14
FINNING	1	1	1	4	7
SQM	1	1	1	3	6
BHP	1	1	1	3	6
GTD	1	1	1	3	6

Anexo C

Método ABC

El método ABC establece que, al revisar el inventario, una empresa debería ****clasificar los artículos de la A a la C****, basando su clasificación en las siguientes reglas:

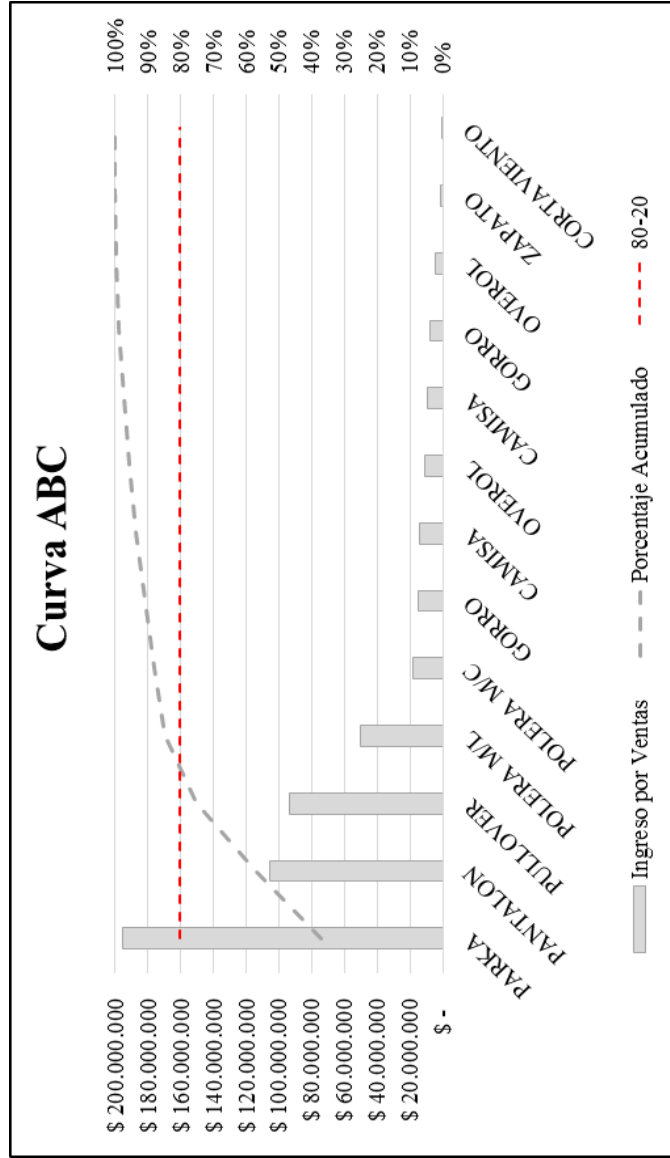
- Los **artículos A** son bienes cuyo **valor de consumo anual** es ****el más elevado****. El principal 70-80 % del valor de consumo anual de la empresa generalmente representa solo entre el 10 y el 20 % de los artículos de inventario totales.
-
- Los **artículos B** son artículos de una clase intermedia, con un **valor de consumo medio**. Ese 15-25 % de valor de consumo anual generalmente representa el 30 % de los artículos de inventario totales.
-
- Los **artículos C** son, al contrario, artículos con **el menor valor de consumo**. El 5 % más bajo del valor de consumo anual generalmente representa el 50 % de los artículos de inventario totales.

El valor de consumo anual se calcula con la fórmula:

$$(Demanda\ anual) \times (coste\ de\ artículo\ por\ unidad)$$

A continuación se presenta una tabla donde se clasificó los productos Enex.

Clasificación Productos Enex



Anexo D

Mediante esta encuesta se busca recopilar información sobre las causas que afectan a la falta de un método de pronóstico de demanda, reflejados en los quiebres de Inventario que impiden satisfacer a los clientes.

Instrucciones: Marque con una X en los recuadros la opción que usted considere asertiva.

1. ¿La empresa utiliza métodos para pronosticar la demanda?

- Utiliza métodos simples de Pronósticos
- Utiliza algún Software y métodos más complejos de Pronósticos
- No utiliza

2. ¿Cuál considera usted que es la causa más relevante en relación a la falla de los métodos utilizados para pronosticar la demanda?

- Pronóstico erróneo debido a demanda irregular
- Pronóstico erróneo, realizado en base a la experiencia

3. Del punto de vista del personal que trabaja en el área de compras ¿Cuál considera usted que es la causa principal de NO disponer de un método de pronóstico de demanda?

- Falta de conocimiento del personal del área de compras de métodos matemáticos de pronósticos.
- Falta de capacitación en el uso de algún Software para el área de Compras
- Falta de coordinación entre área de compras y bodega de producto terminado

4. Con respecto a la compra de productos importados ¿Cuál de los siguientes factores cree usted que incide mayoritariamente en la mala planificación de la compra?

- No hay soporte de sistemas informáticos para ejecutar labores de compra
- Compras innecesarias habiendo Inventario en el almacén
- Demora en la recepción de productos Importados

5. En base a la información que actualmente utilizan para realizar para realizar los pronósticos ¿Cuál considera que es el factor que contribuye mayoritariamente a la inexactitud el pronóstico?

- Duplicidad de datos en el sistema
- Errores en sistema

Gracias por su tiempo

Tabla de Ponderación:

Causa	<u>ÁREA</u> <u>COMERCIAL</u>	<u>ÁREA</u> <u>LOGÍSTICA</u>	<u>ÁREA</u> <u>OPERACION</u> <u>ES</u>	<u>TOTAL</u>
Falta de conocimiento del personal del área de compras de métodos matemáticos de pronósticos	5	5	5	15
Pronóstico erróneo, realizado en base a la experiencia	5	5	5	15
Pronóstico erróneo debido a demanda irregular	5	5	5	15
Compras innecesarias habiendo Inventario en el almacén	1	2	1	4
Duplicidad de datos en el sistema	2	2	1	5
No hay soporte de sistemas informáticos para ejecutar labores de compra	3	2	1	6
Se realizan pedidos de emergencia	2	2	1	5
Sobre-Inventario de productos	1	2	1	4
Falta de capacitación en el uso de algún Software para el área de Compras	1	2	1	4
Demora en la recepción de productos Importados	2	2	1	5
Falta de coordinación entre área de compras y bodega de producto terminado	1	1	1	3
Total	28	30	23	81

Anexo E

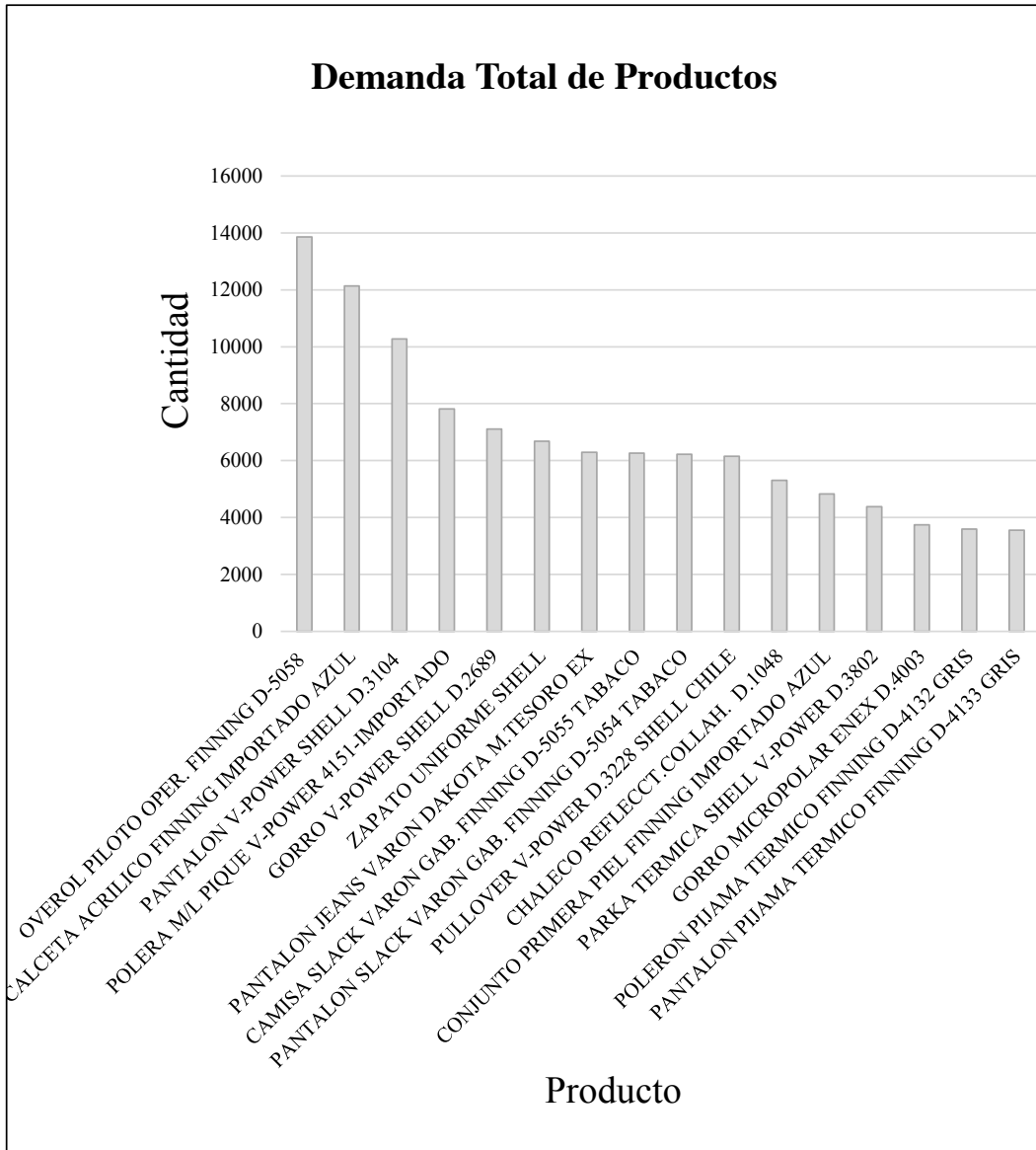
Elección de Productos

Dado que la empresa trabaja con aproximadamente 400 SKU, resulta recomendable enfocar este trabajo únicamente a aquellos productos que impactan de forma significativa en las ventas de la empresa y de proveedores internacionales, ya que éstos presentan mayor dificultad a causa de las variables como tiempos de entrega en comparación a los que ofrecen los proveedores nacionales. En donde a partir de los 400 SKU se pretende reducir esta cantidad bajo las dimensiones:

- Productos con mayor participación en las Ventas.
- Productos con mayor participación en la importación.

Para el 2015 la demanda total fue de 167.026 productos Dentro de los primeros productos principales que importa la empresa, el Pantalón, Parka y Pullover son los producto que presentan mayor participación dentro de las importaciones, reportando cerca del 84% del total importado, donde en conjunto con el volumen de ventas (cantidades), son los de mayor consumo entre los períodos 2015 hasta septiembre 2016 por parte de los clientes.

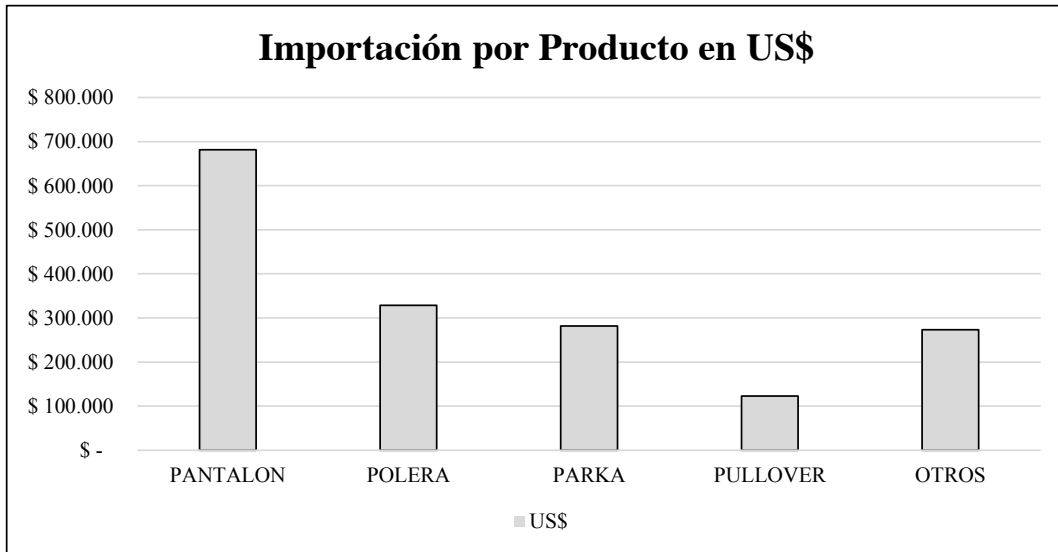
Los productos seleccionados bajo la primera dimensión corresponden a:



Fuente: Elaboración Propia

Con sus estadísticas de unidades y monto de compras se presentan en la siguiente Figura.

Importaciones por Producto



Fuente: Elaboración propia

Anexo F

Inicialización del método de Holt-Winters

En este, al igual que en el resto de procedimientos recursivos, se plantea el problema de dotar al proceso de valores iniciales, pues en los momentos de comienzo no hay historia suficiente como para poder calcularlos. Las alternativas habitualmente utilizadas para generar los valores iniciales de los diversos componentes son (José Ángel Fernández, 2003):

Valor inicial de la constante de nivel

a) Tomar un promedio de períodos completos. Se suele utilizar la media del primer año o de los dos primeros años cuando el crecimiento tendencial no es elevado. En caso de crecimientos tendenciales elevados se utiliza el promedio del año para el cual se comienza a alisar la serie (por lo general el segundo año, ya que las observaciones del primer año y parte del segundo son utilizadas para obtener los valores iniciales estacionales)

b) Ajustar la serie a una función lineal con los datos del primer o dos primeros años, y tomar como valor inicial el valor de la estimación de las constantes.

Valor inicial del componente tendencial

a) Tomar la diferencia de la media de los valores de la serie del segundo año menos la media de los valores del primer año, dividiendo todo ello por la frecuencia de la serie para obtener un valor en la escala adecuada.

b) Ajustando la serie original con una función lineal tomando los datos del primer o dos primeros años, y utilizando la estimación del parámetro tendencial como valor inicial.

Valores iniciales de los componentes estacionales

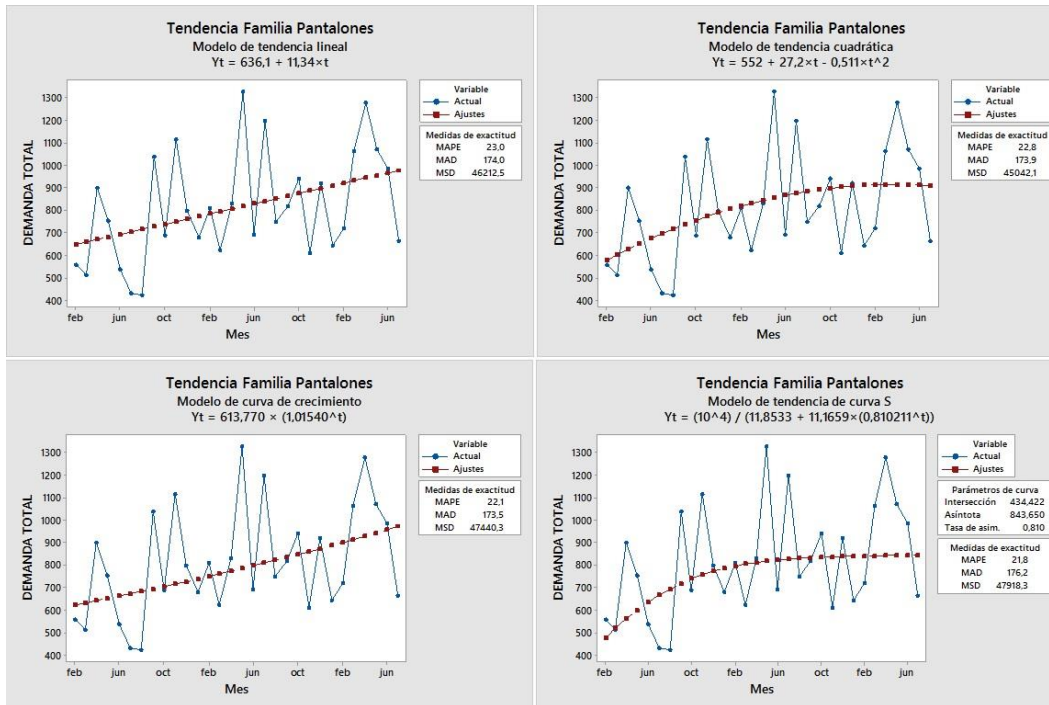
En este caso no se calcula un solo valor inicial sino hasta “s” valores iniciales siendo “s” 12 en caso de frecuencia mensual, o 4 en caso de frecuencia trimestral. Los factores estacionales iniciales se obtendrán del cálculo de dividir el valor de la serie original en el momento t entre el promedio de dos medias móviles centradas de orden 12 consecutivas (de este modo se consigue eliminar del valor de la variable en el momento t el nivel medio del año que rodea a cada observación). Posteriormente, se obtiene un promedio de cada uno de los factores estacionales así calculados para toda la serie.

Para seleccionar uno de los dos métodos propuestos para la inicialización del valor de la constante de nivel y la componente tendencial, se optó por probar cada combinación de las opciones y quedarse con la que arrojava menor error cuadrático medio.

Anexo G

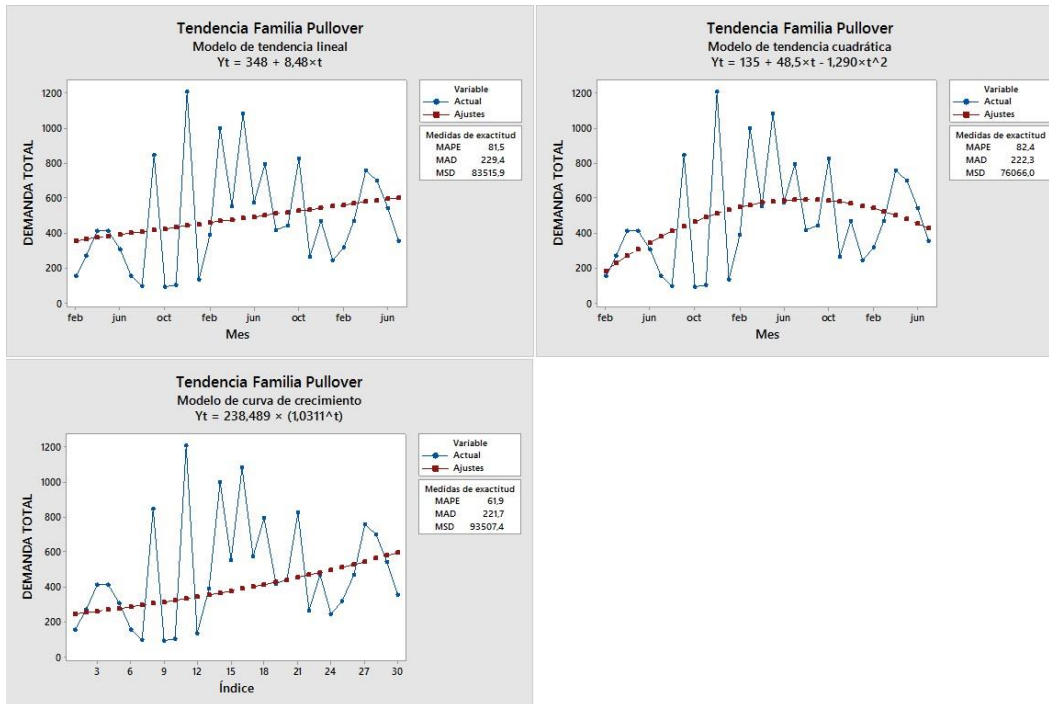
ANALISIS DE LA TENDENCIAS

Familia Pantalones



Modelo de Tendencias	MAPE [%]	MAD [UN.]	MSD[UN.^2]
Tendencia Lineal	23	174	46212,5
Tendencia Cuadrática	22,8	173,9	45042,1
Crecimiento Exponencial	22,1	173,5	47440
Curva S	21,8	176,2	47918,3

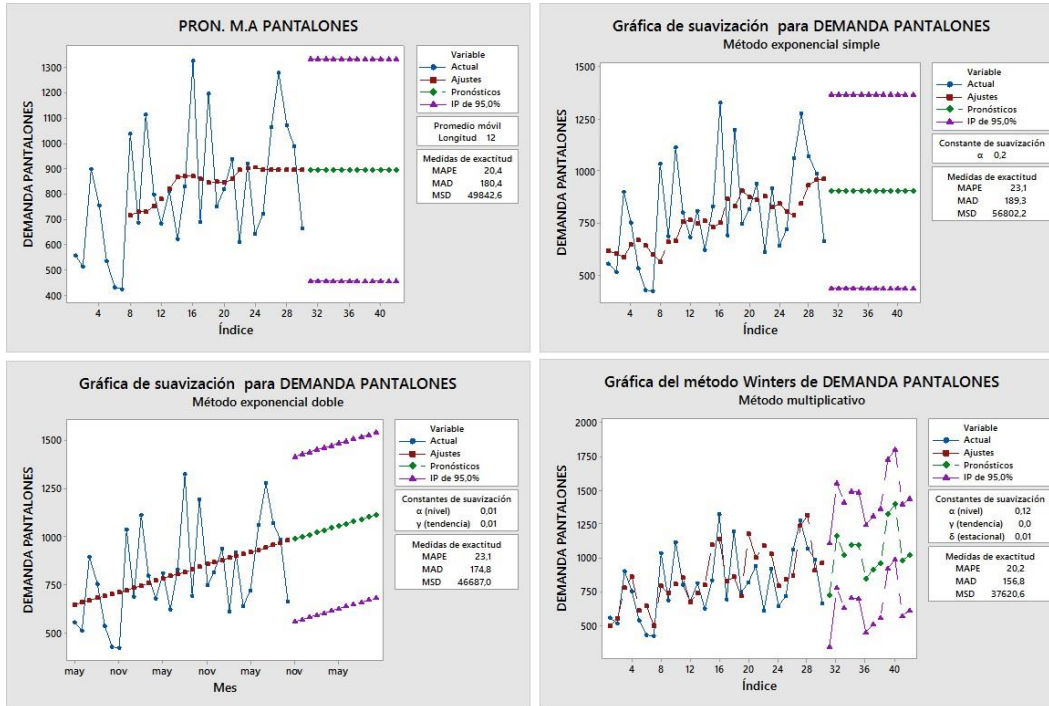
Familia Pullover



Modelo de Tendencias	MAPE[%]	MAD [UN.]	MSD[UN.^2]
Tendencia Lineal	81,5	229,4	83515,9
Tendencia Cuadrática	82,4	222,3	76066
Crecimiento Exponencial	61,9	221,7	93507,4
Curva S	-	-	-

Anexo H

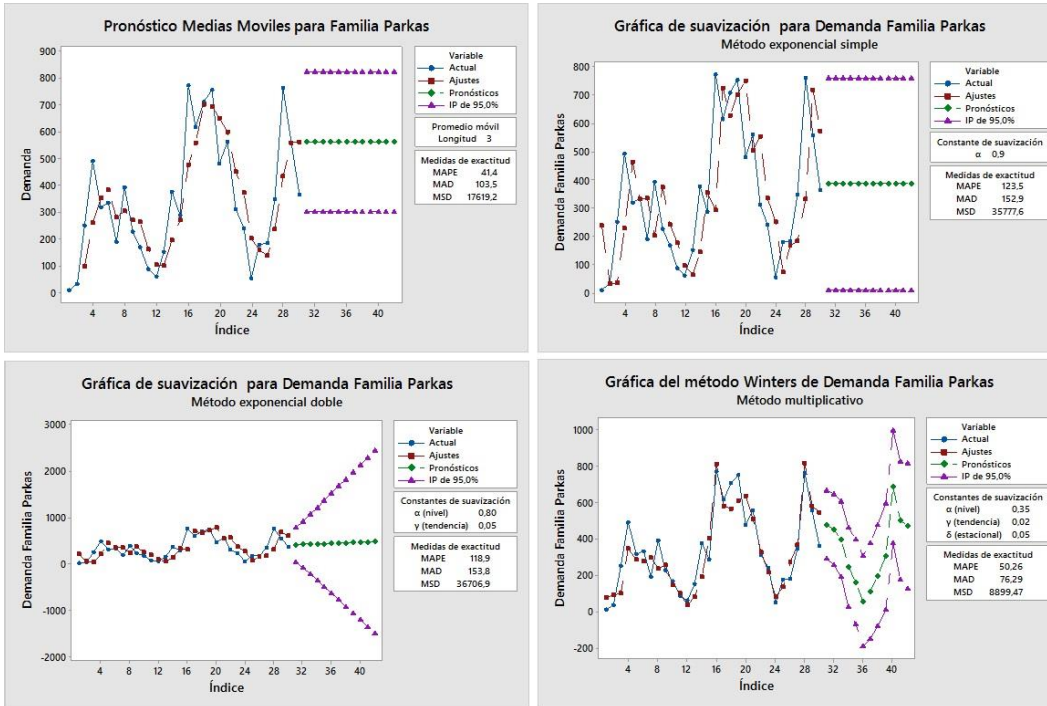
Pronósticos Mensuales Familia Pantalones



METODOS DE PRONÓSTICOS	MSD [UN ²]	MAD [UN.]	MAPE [%]
MEDIAS MOVILES	49.843	180,4	20,4
SUAVIZAMIENTO SIMPLE	56.802	189,3	23,1
SUAVIZAMIENTO EXPONENCIAL DOBLE	46.687	174,8	23,1
HOLT-WINTERS	37.621	156,8	20,2

Método seleccionado para realizar proyecciones Mensuales: Holt-Winters

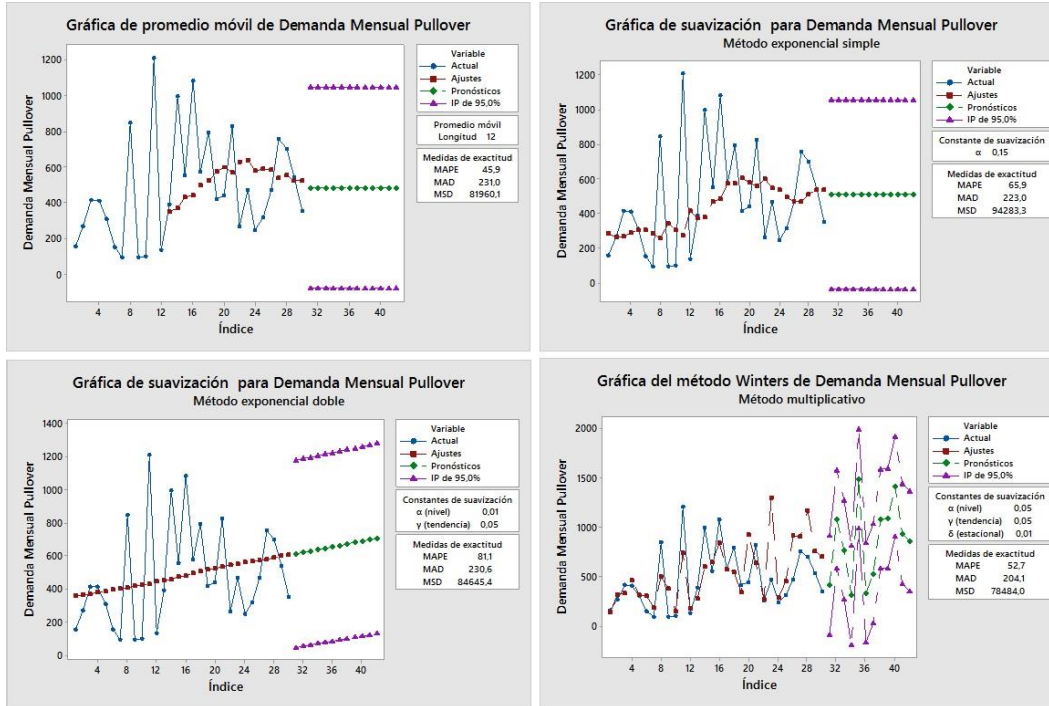
Pronósticos Mensuales Familia Parkas



METODOS DE PRONÓSTICOS	MSD [UN ²]	MAD [UN.]	MAPE [%]
MEDIAS MOVILES	17.619	103	41,4
SUAVIZAMIENTO SIMPLE	35.777	152	123,5
SUAVIZAMIENTO EXPONENCIAL DOBLE	36.707	154	119,0
HOLT-WINTERS	8.899	76	50,3

Método seleccionado para realizar proyecciones Mensuales: Holt-Winters

Pronósticos Mensuales Familia Pullover



METODOS DE PRONÓSTICOS	MSD [UN^2]	MAD [UN.]	MAPE [%]
MEDIAS MOVILES	81.960	231	46
SUAVIZAMIENTO SIMPLE	94.283	223	65
SUAVIZAMIENTO EXPONENCIAL DOBLE	84.645	230,6	81
HOLT-WINTERS	78.484	204	52

Método seleccionado para realizar proyecciones Mensuales: Holt-Winters

Proyecciones de Pronósticos por Familia (Método Holt-Winters)

	PARKA	PULLOVER	PANTALONES
t	PRONOSTICO 36 MESES	PRONÓSTICO 36 MESES	PRONOSTICO 36 MESES
1	479	415	727
2	452	1079	1163
3	399	768	1020
4	245	314	1098
5	164	1486	1093
6	59	339	849
7	114	531	912
8	198	1084	960
9	305	1091	1324
10	688	1412	1394
11	502	931	982
12	473	860	1024
13	474	524	805
14	447	1357	1287
15	395	961	1128
16	242	391	1213
17	162	1845	1207
18	58	419	936
19	113	655	1005
20	196	1330	1057
21	302	1335	1457
22	680	1722	1533
23	496	1131	1079
24	468	1043	1124
25	469	633	883
26	442	1634	1411
27	391	1155	1236
28	239	468	1328
29	161	2204	1320
30	57	499	1024
31	112	778	1098
32	194	1577	1154
33	299	1578	1590
34	672	2032	1672
35	491	1332	1176
36	462	1225	1225

Anexo I

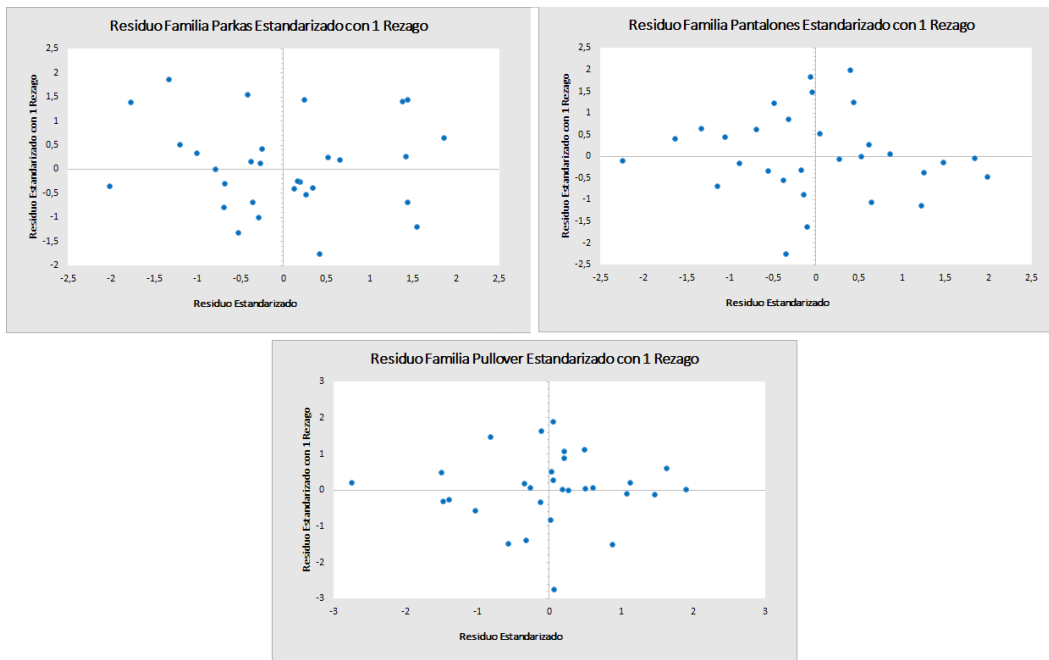
Validación de Aleatoriedad (Ruido Blanco)

Una serie $(\varepsilon_t, t \in \mathbb{Z})$ se dice que es Ruido Blanco si cumple

1. $E(\varepsilon_t) \equiv 0$, (Media cero)
2. $Var(\varepsilon_t) \equiv \sigma^2$, (Varianza constante)
3. $\forall k \neq 0, Cov.(\varepsilon_t, \varepsilon_{t+k}) = 0$, (Incorrelación)

Se dice que ε_t es Ruido Blanco Gaussiano (RBG) si además cumple que $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2)$.

Diagrama de rezago



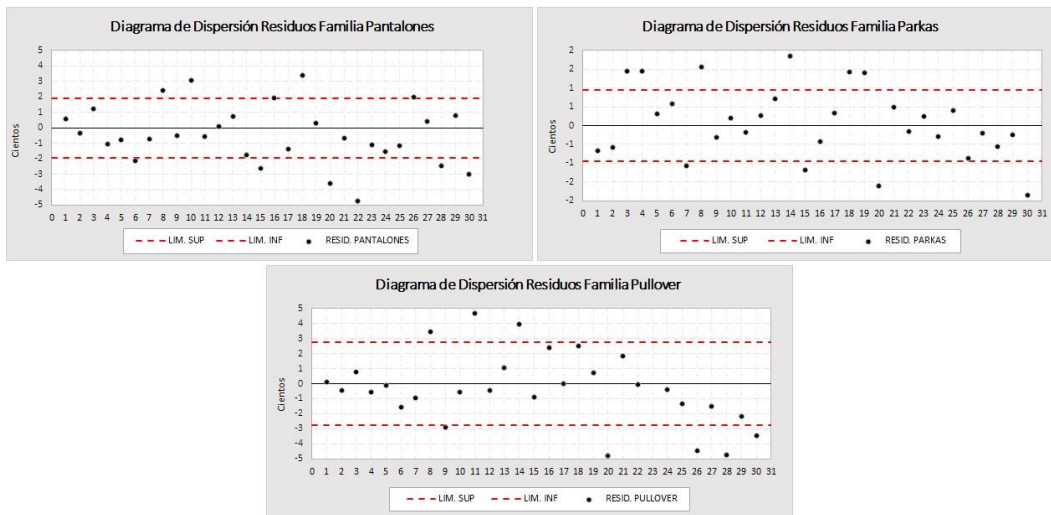
Coefficiente de Autocorrelación

N° Retrasos	PARKAS	PANTALÓN	PULLOVER
r_1	-0,034	-0,009	0,032
r_2	-0,005	0,240	0,111
r_3	-0,178	0,075	0,612
r_4	0,202	-0,382	0,010

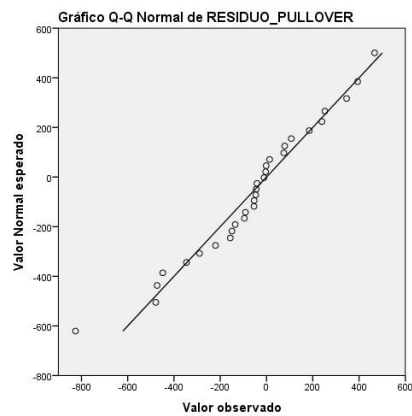
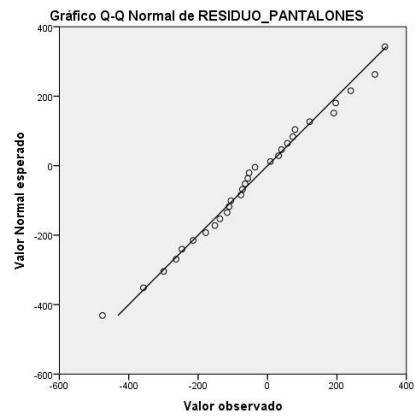
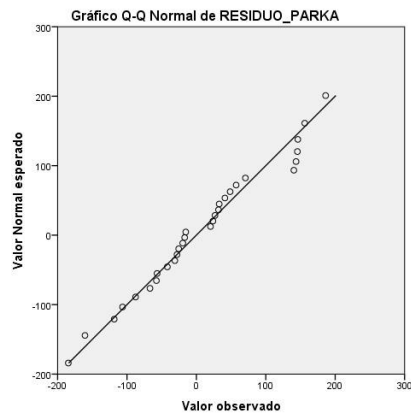
Prueba de Durbin y Watson

ERRORES	PARKAS	PANTALÓN	PULLOVER
d	1,95	2,02	1,83

Análisis de Varianza Constante de Residuos (Homocedasticidad)



Análisis de Normalidad (Q-Q Plot)



Conclusión: Dados los análisis anteriormente realizados, se presume que los residuos se comportan de manera aleatoria al presentar Media semejante a “0” y Varianza Constante, donde para corroborar la veracidad de esta afirmación se realizó la prueba de Normalidad de Q-Q y Durbin y Watson.

Anexo J

Iteración de los Coeficientes de Método Holt- Winters

Pantalón Trimestral						
Medias Móviles Simple						
Longitud			MSD	MAD	MAPE	
4,00			137.255	306	11	
3,00			122.465	299	11	
2,00			160.222	350	13	
6,00			166.866	313	11	
Suavizamiento Exponencial						
α			MSD	MAD	MAPE	
0,50			220.725	389	16	
0,10			215.219	368	15	
0,30			209.895	354	14	
0,25			209.860	351	14	
Suavizamiento Exponencial Doble						
α	β		MSD	MAD	MAPE	
0,50	0,10		189.295	376	15	
0,90	0,10		286.136	476	19	
0,10	0,10		127.953	277	11	
0,05	0,05		120.575	267	11	
0,05	0,10		121.030	267	11	
0,01	0,01		115.502	261	11	
Método Holt-Winters						
α	β	δ	MSD	MAD	MAPE	
0,50	0,10	0,10	212.730	415	18	
0,40	0,10	0,10	212.264	399	17	
0,40	0,20	0,10	203.498	398	17	
0,40	0,40	0,10	197.355	399	17	
0,40	0,40	0,01	184.954	388	17	
0,35	0,55	0,01	179.214	379	16	
0,30	0,55	0,01	176.313	368	16	

Parkas Trimestral						
Medias Móviles Simple						
Longitud		MSD	MAD	MAPE		
2		375.931	482	59		
3		335.693	477	58		
4		331.172	516	61		
6		388.448	578	50		
Suavizamiento Exponencial						
α		MSD	MAD	MAPE		
0,90		570.894	531	86		
0,10		391.471	509	68		
0,50		485.427	593	81		
0,05		382.088	504	67		
Suavizamiento Exponencial Doble						
α	β	MSD	MAD	MAPE		
0,10	0,10	332.928	491	68		
0,50	0,10	483.803	576	80		
0,50	0,50	645.351	649	90		
0,10	0,50	354.747	500	69		
0,05	1,00	338.088	491	67		
0,01	0,01	300.543	472	65		
Método Holt-Winters						
α	β	δ	MSD	MAD	MAPE	
0,20	0,20	0,20	164.538	298	27	
0,90	0,20	0,20	51.971	176	20,5	
1,00	0,10	0,20	47.833	171	20,1	
0,90	0,10	0,20	45.692	162	19,4	
0,90	0,05	0,20	42.786	153	18,5	
0,95	0,01	0,01	40.351	145	17,9	
0,95	0,10	0,10	46.031	165	19,6	

Pullover Trimestral						
Medias Móviles Simple						
	Longitud		MSD	MAD	MAPE	
	3,00		163.275	356	25	
	4,00		175.429	322	22	
	6,00		247.068	384	25	
Suavizamiento Exponencial						
	α		MSD	MAD	MAPE	
	0,90		251.693	438	33	
	0,20		271.053	413	32	
	0,01		245.113	409	32	
	0,95		248.502	432	32	
	0,99		246.074	430	32	
Suavizamiento Exponencial Doble						
	α	β	MSD	MAD	MAPE	
	0,50	0,20	285.872	401	30	
	0,20	0,50	318.231	460	33	
	0,20	0,90	408.071	523	38	
	0,20	0,10	241.695	390	28	
	0,10	0,10	221.097	369	27	
	0,05	0,05	206.929	361	26	
	0,05	0,1	208.751	363	26	
Método Holt-Winters						
	α	β	δ	MSD	MAD	MAPE
	0,95	0,05	0,05	120.810	267	22
	1,00	0,01	0,05	119.453	269	22
	0,20	0,20	0,02	326.573	459	34
	0,50	0,20	0,20	186.548	332	26
	0,90	0,20	0,20	127.613	270	23

Anexo K

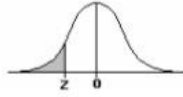


TABLA I (A)
DISTRIBUCIÓN NORMAL TIPIFICADA $N(0, 1)$

La tabla proporciona, para cada valor de z , el área que queda a su izquierda.

z	0'00	0'01	0'02	0'03	0'04	0'05	0'06	0'07	0'08	0'09
-4'4	0'0001	0'0001	0'0001	0'0000	0'0000	0'0000	0'0000	0'0000	0'0000	0'0000
-4'3	0'0001	0'0001	0'0001	0'0001	0'0001	0'0001	0'0001	0'0001	0'0001	0'0001
-4'2	0'0001	0'0001	0'0001	0'0001	0'0001	0'0001	0'0001	0'0001	0'0001	0'0001
-4'1	0'0002	0'0002	0'0002	0'0002	0'0002	0'0002	0'0002	0'0002	0'0002	0'0001
-4'0	0'0003	0'0003	0'0003	0'0003	0'0003	0'0003	0'0002	0'0002	0'0002	0'0002
-3'9	0'0005	0'0005	0'0004	0'0004	0'0004	0'0004	0'0004	0'0004	0'0003	0'0003
-3'8	0'0007	0'0007	0'0007	0'0006	0'0006	0'0006	0'0006	0'0005	0'0005	0'0005
-3'7	0'0011	0'0010	0'0010	0'0010	0'0009	0'0009	0'0009	0'0008	0'0008	0'0008
-3'6	0'0016	0'0015	0'0015	0'0014	0'0014	0'0013	0'0013	0'0012	0'0012	0'0011
-3'5	0'0023	0'0023	0'0022	0'0021	0'0020	0'0019	0'0019	0'0018	0'0017	0'0017
-3'4	0'0034	0'0033	0'0032	0'0030	0'0029	0'0028	0'0027	0'0026	0'0025	0'0024
-3'3	0'0049	0'0047	0'0045	0'0044	0'0042	0'0041	0'0039	0'0038	0'0036	0'0035
-3'2	0'0069	0'0067	0'0064	0'0062	0'0060	0'0058	0'0056	0'0054	0'0052	0'0050
-3'1	0'0097	0'0094	0'0091	0'0088	0'0085	0'0082	0'0079	0'0077	0'0074	0'0071
-3'0	0'0135	0'0131	0'0127	0'0123	0'0119	0'0115	0'0111	0'0107	0'0104	0'0101
-2'9	0'0187	0'0181	0'0175	0'0169	0'0164	0'0159	0'0154	0'0149	0'0144	0'0139
-2'8	0'0256	0'0248	0'0240	0'0233	0'0226	0'0219	0'0212	0'0205	0'0199	0'0193
-2'7	0'0347	0'0336	0'0326	0'0317	0'0307	0'0298	0'0289	0'0280	0'0272	0'0264
-2'6	0'0466	0'0453	0'0440	0'0427	0'0415	0'0402	0'0391	0'0379	0'0368	0'0357
-2'5	0'0621	0'0604	0'0587	0'0570	0'0554	0'0539	0'0523	0'0508	0'0494	0'0480
-2'4	0'0820	0'0798	0'0776	0'0755	0'0734	0'0714	0'0695	0'0676	0'0657	0'0639
-2'3	0'1072	0'1044	0'1017	0'0990	0'0964	0'0939	0'0914	0'0889	0'0866	0'0842
-2'2	0'01390	0'01355	0'01321	0'01287	0'01255	0'01222	0'01191	0'01160	0'01130	0'01101
-2'1	0'01786	0'01743	0'01700	0'01659	0'01618	0'01578	0'01539	0'01500	0'01463	0'01426
-2'0	0'02275	0'02222	0'02169	0'02118	0'02068	0'02018	0'01970	0'01923	0'01876	0'01831
-1'9	0'02872	0'02807	0'02743	0'02680	0'02619	0'02559	0'02500	0'02442	0'02385	0'02330
-1'8	0'03593	0'03515	0'03438	0'03362	0'03288	0'03216	0'03144	0'03074	0'03005	0'02938
-1'7	0'04457	0'04363	0'04272	0'04182	0'04093	0'04006	0'03920	0'03836	0'03754	0'03673
-1'6	0'05480	0'05370	0'05262	0'05155	0'05050	0'04947	0'04846	0'04746	0'04648	0'04551
-1'5	0'06681	0'06552	0'06426	0'06301	0'06178	0'06057	0'05938	0'05821	0'05705	0'05592
-1'4	0'08076	0'07927	0'07780	0'07636	0'07493	0'07353	0'07214	0'07078	0'06944	0'06811
-1'3	0'09680	0'09510	0'09342	0'09176	0'09012	0'08851	0'08692	0'08534	0'08379	0'08226
-1'2	0'11507	0'11314	0'11123	0'10935	0'10749	0'10565	0'10383	0'10204	0'10027	0'09853
-1'1	0'13567	0'13350	0'13136	0'12924	0'12714	0'12507	0'12302	0'12100	0'11900	0'11702
-1'0	0'15866	0'15625	0'15386	0'15150	0'14917	0'14687	0'14457	0'14231	0'14007	0'13786
-0'9	0'18406	0'18141	0'17879	0'17619	0'17361	0'17106	0'16853	0'16602	0'16354	0'16109
-0'8	0'21186	0'20897	0'20611	0'20327	0'20045	0'19766	0'19489	0'19215	0'18925	0'18673
-0'7	0'24196	0'23885	0'23576	0'23270	0'22965	0'22663	0'22363	0'22065	0'21770	0'21476
-0'6	0'27425	0'27093	0'26763	0'26435	0'26109	0'25785	0'25463	0'25143	0'24825	0'24510
-0'5	0'30854	0'30503	0'30153	0'29806	0'29550	0'29116	0'28774	0'28434	0'28096	0'27760
-0'4	0'34446	0'34090	0'33724	0'33360	0'32997	0'32636	0'32276	0'31918	0'31561	0'31207
-0'3	0'38209	0'37828	0'37448	0'37070	0'36693	0'36317	0'35942	0'35569	0'35197	0'34827
-0'2	0'42074	0'41683	0'41294	0'40905	0'40517	0'40129	0'39743	0'39358	0'38974	0'38591
-0'1	0'46017	0'45620	0'45234	0'44828	0'44433	0'44038	0'43644	0'43251	0'42858	0'42465
-0'0	0'50000	0'49601	0'49202	0'48803	0'48405	0'48006	0'47608	0'47210	0'46812	0'46414

Análisis de Escenarios

		REVISIÓN CADA 6 MESES		
		90%	95%	97,5%
Familia Pantalón	Stock de Seguridad	888	1.138	1.360
	Nivel Objetivo	12.414	12.664	12.886
	Inventario Prom.(un)	4.222	4.472	4.694
Familia Pullover	Stock de Seguridad	734	940	1.123
	Nivel Objetivo	4.095	4.301	4.485
	Inventario Prom.(un)	5.204	5.781	6.294
Familia Parka	Stock de Seguridad	2.051	2.628	3.141
	Nivel Objetivo	12.645	13.222	13.735
	Inventario Prom.(un)	1.640	1.844	2.028

		REVISIÓN CADA 7 MESES		
		90%	95%	97,5%
Familia Pantalón	Stock de Seguridad	931	1.193	1.426
	Nivel Objetivo	13.610	13.872	14.105
	Inventario Prom.(un)	5.417	5.680	5.914
Familia Pullover	Stock de Seguridad	769	986	1.178
	Nivel Objetivo	4.467	4.683	4.876
	Inventario Prom.(un)	6.360	6.970	7.507
Familia Parka	Stock de Seguridad	2.152	2.757	3.295
	Nivel Objetivo	13.805	14.410	14.948
	Inventario Prom.(un)	2.010	2.226	2.419

		REVISIÓN CADA 8 MESES		
		90%	95%	97,5%
Familia Pantalón	Stock de Seguridad	973	1.246	1.489
	Nivel Objetivo	14.804	15.078	15.321
	Inventario Prom.(un)	6.612	6.886	7.188
Familia Pullover	Stock de Seguridad	804	1.030	1.230
	Nivel Objetivo	4.837	5.063	5.264
	Inventario Prom.(un)	7.518	8.149	8.712
Familia Parka	Stock de Seguridad	2.247	2.879	3.441
	Nivel Objetivo	14.960	15.592	16.153
	Inventario Prom.(un)	2.379	2.607	2.807

Pronósticos Parkas		
Fecha	Demanda Real	Pronósticos
ene-15	11	
feb-15	35	
mar-15	250	
abr-15	491	
may-15	318	
jun-15	334	
jul-15	190	
ago-15	393	
sept-15	226	
oct-15	169	
nov-15	87	

Actualizar

Generar Pronósticos

Limpiar

Pronósticos Parkas		
Fecha	Demanda Real	Pronósticos
ene-15	11	
feb-15	35	
mar-15	250	
abr-15	491	
may-15	318	
jun-15	334	
jul-15	190	
ago-15	393	
sept-15	226	
oct-15	169	
nov-15	87	

Actualizar

Generar Pronósticos

Limpiar

Microsoft Excel

Pronosticos Realizados con Exito

Aceptar

Anexo M

Costos de Importación Modelo Propuesto

FAMILIAS	Costos de Importación unitario [\$]	Q Total [UN]	Costos Total de importar [\$]	Costo de Internación [\$]	Costo Total [\$]
Parkas	19.513	2.604	50.811.852	3.302.770	54.114.622
Pullover	4.885	11.362	55.503.370	3.607.719	59.111.089
Pantalones	6.495	8.173	53.083.635	3.450.436	56.534.071
TOTAL		22.139	159.398.857	10.360.926	169.759.783

Costos de Importación Modelo Actual

FAMILIAS	Costos de Importación unitario [\$]	Q Total [UN]	Costos Total de importar [\$]	Costo de Internación [\$]	Costo Total [\$]
Parkas	19.513	2.500	48.782.500	3.170.863	51.953.363
Pullover	4.885	6.000	29.310.000	1.919.805	31.229.805
Pantalones	6.495	4.646	30.175.770	1.961.425	32.137.195
TOTAL		13.146	108.268.270	7.052.093	115.320.363

Anexo N

NIVEL DE SERVICIO

Cálculo del Nivel de Servicio para el período de evaluación, segundo semestre 2016

	DESPACHO REAL [UN]	DESPACHO PROYECTADO[UN]	PEDIDO REAL[UN]	N.S. ³² EMPRESA[%]	N.S. MODELO[%]
PANTALÓN	4.536	5.409	5.548	81%	97,5%
PARKA	1.326	1.580	1.621	82%	97,5%
PULLOVER	3.024	3.920	4.021	75%	97,5%
TOTAL				80%	97,5%

Calculo de ingresos por ventas del modelo actual versus el modelo propuesto

FAMILIAS	VENTAS				BENEFICIO EMPRESA[\$]	BENEFICIO PROY.[\$]	DIFERENCIA
	PEDIDO REAL [UN]	DDA REAL* [\$]	DDA. PROY. [\$]	PRECIO VTA. Unitario [\$]			
PANTALÓN	5.548	4.536	5.409	10.800	48.988.800	58.417.200	9.428.400
PARKA	1.621	1.326	1.580	45.900	60.863.400	72.522.000	11.658.600
PULLOVER	4.021	3.024	3.920	15.900	48.081.600	62.328.000	14.246.400
TOTAL					157.933.800	193.267.200	35.333.400

Calculo de los beneficios del modelo actual versus el modelo propuesto

FAMILIAS	UTILIDADES				BENEFICIO EMPRESA[\$]	BENEFICIO PROY.[\$]	DIFERENCIA
	PEDIDO REAL[UN]	DDA REAL [\$]	DDA. PROY. [\$]	UTILIDAD Unitario [\$]			
PANTALÓN	5.548	4.536	5.409	4.305	19.527.480	23.285.745	3.758.265
PARKA	1.621	1.326	1.580	26.387	34.989.162	41.691.460	6.702.298
PULLOVER	4.021	3.024	3.920	11.015	33.309.360	43.178.800	9.869.440
TOTAL					87.826.002	108.156.005	20.330.003

³² N.S. Nivel de Servicio

VENTAS PERDIDAS

Venta Perdida Período 2° Semestre 2016

FAMILIAS	VENTAS PERDIDA					
	PEDIDO REAL [UN]	D.I. REAL [UN.]	D.I. DDA. PROY. [UN.]	PRECIO VTA. Unitario [\$]	EMPRESA[\$]	PROY.[\$]
PANTALÓN	5.548	1.012	139	10.800	10.929.600	1.501.200
PARKA	1.621	295	41	45.900	13.540.500	1.881.900
PULLOVER	4.021	997	101	15.900	15.852.300	1.605.900
TOTAL					40.322.400	4.989.000

Fuente: Elaboración propia

Utilidad Perdida Período 2° Semestre 2016

FAMILIAS	UTILIDAD PERDIDA					
	PEDIDO REAL [UN]	D.I. REAL [UN]	D.I. DDA. PROY. [UN]	UTILIDAD* Unitario [\$]	EMPRESA[\$]	PROY.[\$]
PANTALÓN	5.548	1.012	139	4.305	4.356.660	598.395
PARKA	1.621	295	41	26.387	7.784.165	1.081.867
PULLOVER	4.021	997	101	11.015	10.981.955	1.112.515
TOTAL					23.122.780	2.792.777

*Precio de venta –precio costo = Utilidad

Fuente: Elaboración propia