

Universidad de Valparaíso  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Industrial



**“Modelo de Gestión de inventario de productos terminados  
de Bebidas Instantáneas Frías, en la empresa TMLUC,  
México”**

Por

**Paulina Joceline Del Carmen Aravena Villalón  
Verónica Jasmín Torres Fernández**

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

Profesor Guía: Paula Quiroz

Octubre 2018

*A mis padres por darme la vida.  
A Verónica por ser mi compañera en este proceso. ¡Lo logramos!  
Y al Universo por poner en mi camino a todos los que vivieron conmigo esta etapa.  
Gracias.*

*Paulina Aravena Villalón*

*A mis padres por su apoyo, cariño y amor incondicional durante el transcurso de esta vida y  
por siempre confiar en mí.*

*A mi hermano que siempre ha sido mi modelo a seguir, por apoyarme y aconsejarme en  
todo, gracias por siempre creer en mí junto a tu hermosa familia.*

*A Paulina por su paciencia y comprensión durante este periodo.*

*A la profesora Paula Quiroz por confiar en nosotras y al profesor Eduardo Lara por  
ayudarnos en cada duda y dedicar tiempo en nosotras.*

*Y a todas las personas que conocí en este proceso y que han contribuido a que hoy pueda  
culminar una gran etapa en mi vida.*

*Verónica Torres Fernández*

## Tabla de contenido

Glosario .....	7
Abreviaturas.....	8
Lista de Figuras .....	9
Lista de Gráficos.....	10
Lista de Tablas .....	11
Resumen ejecutivo .....	13
Abstract .....	14
Introducción .....	15
1 Descripción de la empresa .....	16
1.1. Estructura Organizacional.....	17
1.2. Departamento de planificación.....	18
1.3. Plantas productivas .....	19
1.3.1. Chile .....	19
1.3.2. México .....	19
1.3.3. Centros de Distribución.....	19
2 Planteamiento del Problema .....	21
2.1. Análisis de la situación actual .....	21
2.1.1. Bodegas de productos terminados.....	23
2.1.2. Tiempo Revisión y Lead time.....	24
2.2. Proceso control de Inventario en México .....	24
2.2.1. Diagrama de Flujo sistema de compra.....	24
2.3. Formulación del Problema .....	29
2.4. Objetivos.....	31
2.4.1. Objetivos general.....	31
2.4.2. Objetivos específicos .....	31
3 Marco Teórico.....	32
3.1. Logística .....	32
3.2. Inventario.....	32
3.2.1. Tipos de Inventario. ....	33
3.2.2. Costos de inventario. ....	33

3.3. Administración de Inventario.....	34
3.3.1. Técnicas para la clasificación de inventarios .....	34
3.3.1.1. Clasificación ABC .....	34
3.3.1.2. Análisis ABC Multicriterio .....	36
3.4. Modelos de Inventario.....	40
3.4.1. Modelos Determinísticos.....	40
3.4.1.1. Modelo de cantidad económica de pedido (EOQ – Clásico) .....	40
3.4.2. Modelos Probabilísticos .....	43
3.4.2.1. Modelo probabilístico revisión continua .....	43
3.4.2.2. Modelo probabilístico revisión periódica.....	45
3.4.2.3. Coeficiente de variabilidad .....	46
3.4.2.4. Test Kolmogorov – Smirmov.....	47
3.5. Pronósticos de la demanda.....	48
3.5.2. Pronósticos cuantitativos .....	49
3.5.2.1. Pronósticos de series de tiempo .....	49
3.5.2.2. Promedios móviles .....	50
3.5.2.3. Suavizamiento exponencial .....	51
3.5.2.4. Errores de pronóstico.....	51
3.5.2.5. Test Durbin Watson .....	52
4 Aplicación Metodología.....	54
4.1. Análisis del comportamiento de los datos .....	54
4.1.1. Clasificación ABC .....	54
4.1.1.1. Aplicación modelo ABC multicriterio .....	56
4.2. Análisis de la demanda.....	59
4.2.1. Análisis de coeficiente de variabilidad.....	62
4.2.2. Aplicación del método de pronóstico.....	63
4.2.3. Validación del modelo de pronóstico.....	68
4.3. Propuesta modelo de inventario .....	71
4.3.1. Selección modelo de inventario. ....	71
4.3.1.1. Modelo probabilístico de ciclo fijo y cantidad a ordenar variable .....	72
4.3.1.2. Modelo determinístico.....	75

4.4. Validación del modelo.....	76
4.4.1. Resultado del modelo .....	76
4.4.2. Evaluación Económica.....	78
4.4.2.1. Análisis Costo – Beneficio .....	78
5 Conclusiones .....	80
6 Bibliografía.....	82
7 Anexos .....	84
Anexo A: Plantas productivas .....	84
Anexo B: Entrevista .....	86
Anexo C: Análisis ABC Tradicional Variables.....	88
Anexo D: Análisis ABC Multicriterio .....	93
Anexo E: Demanda.....	94
Anexo F: Resultados por categoría.....	98
Anexo G: Gráficos pronóstico de la demanda .....	101
Anexo H: Ajuste distribución normal .....	122
Anexo I: Resultados del modelo categoría A, B y C, productos probabilísticos. ....	125
Anexo J: Resultados del modelo categoría A y B, productos determinísticos.....	138
Anexo K: Resultados evaluación del modelo, comparación de casos. ....	139

## Glosario

- **Bodega contingencia:** Bodega utilizada cuando el pulmón ya no recibe más productos terminados por sobre stock.
- **Inventario:** Existencia de bienes almacenados destinados a la venta.
- **Señal de rastreo:** Mide la desviación del pronóstico respecto a variaciones en la demanda.
- **Stock de seguridad:** Nivel extra de existencias que se mantienen en almacén, para hacer frente a las variaciones de la demanda.
- **Pallet:** Armazón de madera empleado en el movimiento de carga, ya que facilita el levantamiento y manejo con pequeñas grúas hidráulicas. También se utiliza como unidad de medida, sobre esta estructura se apilan las cajas de un pedido.
- **Pulmón SIMAG:** Bodega principal de almacenamiento de la empresa.
- **Valor P:** Es el nivel de significancia que determina si la hipótesis  $H_0$  es o no rechazada.

## Abreviaturas

- **CV:** Coeficiente de variabilidad
- **DW:** Durbin Watson
- **KS:** Kolmogorov – Smirnov
- **TMLUC:** Tresmontes Lucchetti
- **LT:** Lead Time

## Lista de Figuras

Figura 1: Estructura Organizacional TMLUC.....	17
Figura 2: Organigrama Dpto. de Planificación.....	18
Figura 3: Centros de Distribución.....	20
Figura 4 : Ubicación Geográfica de los centros de distribución.....	20
Figura 5: Diagrama proceso control de inventario.....	25
Figura 6: Árbol de la realidad actual (ARA).....	30
Figura 7: Gráfico ABC.....	35
Figura 8: Representación del enfoque multicriterio en la aplicación del método ABC .....	37
Figura 9: Modelo de cantidad económica de pedido .....	41
Figura 10: Ubicación plantas productivas en Chile.....	85

## Lista de Gráficos

Gráfico 1: Participación líneas de TMLUC. ....	21
Gráfico 2: Participación de mercado Chile – México .....	22
Gráfico 3: Demanda BIF 2015-2016 .....	22
Gráfico 4: Demanda proyectada v/s Demanda real.....	23
Gráfico 5: Gráfico Señal de rastreo.....	28
Gráfico 6: Modelo cantidad económica de pedido.....	42
Gráfico 7: Modelo Probabilístico revisión continuo.....	43
Gráfico 8: Modelo probabilístico de revisión periódica .....	45
Gráfico 9: Grafico ABC por categorías.....	55
Gráfico 10: Pronóstico de la demanda producto 72601.....	67
Gráfico 11: Pronóstico de la demanda producto 72609.....	67
Gráfico 12: Pronóstico de la demanda producto 72610.....	67
Gráfico 13: Pronóstico de la demanda producto 72612.....	67
Gráfico 14: Variable rotación ABC .....	88
Gráfico 15: Variable ventas ABC.....	88
Gráfico 16: Variable almacenamiento ABC .....	89
Gráfico 17: Consumo Histórico categoría A .....	92

## Lista de Tablas

Tabla 1: Tabla Error porcentual Absoluto medio (MAPE) de datos históricos entre la demanda real y la proyectada .....	27
Tabla 2: Costos por bodega .....	29
Tabla 3: Zonas de clasificación .....	37
Tabla 4: Clasificación factor ponderación .....	38
Tabla 5: Clasificación categoría .....	54
Tabla 6: Clasificación factor ponderación .....	57
Tabla 7: Clasificación código selectivo .....	58
Tabla 8: Productos categoría A .....	58
Tabla 9: Ecuación de la tendencia: Categoría A .....	60
Tabla 10: Productos con y sin estacionalidad del grupo A .....	61
Tabla 11: Análisis del coeficiente de variabilidad por producto categoría A. ....	62
Tabla 12: Métodos pronósticos .....	63
Tabla 13: Selección método productos no estacional .....	64
Tabla 14: Pronóstico demanda categoría A. ....	66
Tabla 15: Residuos producto 71462 .....	68
Tabla 16: Estadístico Durbin Watson. ....	69
Tabla 17: Indicador Durbin Watson .....	70
Tabla 18: Resumen cálculo de Q del producto 71462 .....	74
Tabla 19: Comparación de inventario 2016 con Modelo v/s 2016 sin Modelo (cajas).....	76
Tabla 20: Comparación de quiebres (cajas).....	77
Tabla 21: Comparación categorías en alternativas propuestas. ....	77
Tabla 22: Costo Modelo actual CLP .....	78
Tabla 23: Costos Modelo Inventario (CLP) .....	78
Tabla 24: Relación costo - beneficio .....	79
Tabla 25: Detalla planta productiva en Chile .....	84
Tabla 26: Consumo Histórico mensual 2015: Categoría A .....	90
Tabla 27: Consumo Histórico mensual 2016: Categoría A .....	91
Tabla 28: Códigos de artículos con su PK respectivo y código selectivo integral. ....	93
Tabla 29: Componentes de la demanda total productos .....	94

Tabla 30: Comportamiento de la demanda determinado a través del coeficiente de variabilidad total productos .....	96
Tabla 31: Pronóstico de la demanda categoría B.....	98
Tabla 32: Pronóstico de la demanda categoría C .....	99
Tabla 33A: Distribución categoría A.....	122
Tabla 34B: Resultados ajuste distribución normal categoría B y C. ....	122
Tabla 35: Desviación estándar, inventario seguridad e inventario Objetivo .....	125
Tabla 36: Inventario inicial .....	129
Tabla 37: Valores de Q .....	132
Tabla 38: Inventario Corriente.....	135
Tabla 39: Resumen productos determinísticos .....	138
Tabla 40: Resultados propuesta .....	139

## Resumen ejecutivo

Con el presente trabajo de título, se realiza un análisis en detalle de los artículos que se encuentran en la bodega de almacenamiento para generar una propuesta que permita mejorar el actual modelo de inventarios que aplica la Empresa TMLUC., con la finalidad de otorgar herramientas necesarias para la gestión de inventarios, logrando aumentar la eficiencia de los insumos disponibles y mejorar el manejo de inventario existente actualmente, permitiendo saber cuándo realizar un nuevo pedido y cuantas unidades debe contener el pedido para cada uno de los 88 de productos considerados.

La implementación de este nuevo modelo nace por existir en la mayoría de los meses evaluados un sobre stock de productos en la bodega principal, generando el uso de una bodega adicional incurriendo en gastos para la empresa, donde muchas veces los productos sufrían obsolescencia por caducar su fecha de utilización.

El trabajo de título proporciona inicialmente una descripción de la empresa y posteriormente identifica los principales problemas encontrados en la bodega de productos terminados TMLUC México, donde se detecta un sobre stock de artículos, para luego instaurar, en el marco teórico de la misma; definiciones de conceptos que serán de utilidad en la memoria.

En los capítulos siguientes se identifica y aplica la metodología necesaria a utilizar, la cual permitirá encontrar la solución al problema presentado anteriormente, en ella se presentarán herramientas como diagrama de flujo, pronóstico de la demanda bajo el programa Crystall Ball, análisis multicriterio ABC, entre otras herramientas que se detallan y elaboran en la implementación de la metodología.

Finalmente se realizarán las evaluaciones costo beneficio, para evaluar en términos económicos el impacto que genera en la empresa la propuesta a implementar.

## **Abstract**

This degree final project comprises a detailed analysis of the items TMLUC Mexico has in storage, in order to elaborate a proposal that allows revamping of the current inventory management the Company has. The Project attempts to give the necessary tools to have a good inventory system, this way the efficiency of the available material is to be improved, as well as, the way the inventory is managed as of today, this way it will allow to know which products are needed, when they will be needed and the exact quantity of them.

The implementation of this new system arises after an evaluation of the company's main storage facility was ensued; the current inventory contemplates the use of an additional storage unit, which is an additional expense to the company, together with the fact, that many products were out of date, making them obsolescent.

This final degree project initially provides a description of TMLUC Mexico, and their storage facilities, the project identifies the main issues found in the inventory, and results of this analysis, detected an overstock. During the development of the project, the theoretical framework will establish definitions and parameters to be used.

Moreover, over the next chapters, the methodology is identified and applied since it is going to procure to find a solution to the problem explained above, the project offers several tools such as flow charts, foretelling a demand under Crystal Ball program, multi criteria ABC analysis, among others, which are going to be explained and elaborated during the methodology implementation.

Finally, an analysis of the cost-benefits is going to be carried out in order to evaluate, the impact the proposal has over the company current management in economic terms.

## Introducción

Desde tiempos remotos el ser humano ha tenido la incertidumbre sobre lo que deparará el futuro, viéndose en la necesidad de abastecerse de recursos para enfrentar situaciones de escasez. Por naturaleza el hombre, como ser, distribuye estos recursos de manera que alcancen para los periodos de necesidad, asegurando su subsistencia y calidad de vida. Hoy todo esto es conocido como control de inventario, un sistema necesario para llevar el registro y cuidado de los recursos almacenados, a nivel familiar y empresa.

El avance de la tecnología ha ayudado a la mejora del control de inventario, y si bien han dado origen a diversos modelos, cada empresa tiene una situación diferente a otra que deriva en un modelo diferente, completo o parcial. Para poder abastecer la demanda de la población en situaciones críticas, es necesario un modelo acorde a su funcionamiento, a su demanda, costos y distribución entre otras variables.

Según Roger G. Schroeder en su libro Administración de Operaciones, sostiene que el inventario requiere una gran cantidad de capital, afectando directamente la entrega de los bienes a los clientes.

Para toda empresa es primordial mantener un inventario actualizado de sus productos, una planificación adecuada de sus procesos y una gestión del inventario acorde a las necesidades, para encontrar el equilibrio entre las cantidades a pedir y de almacenaje, sin tener que recurrir a excesos de productos o desabastecimiento, ya que del inventario depende la continuidad de los procesos y la satisfacción del cliente.

El presente trabajo de título se desarrolla en TMLUC en las dependencias de México, con la finalidad de realizar mejoras en su modelo actual de inventarios, reduciendo el espacio ocupado en la bodega de contingencia, la que genera un alto costo por el uso de esta. Actualmente la empresa no cuenta con un modelo de inventarios efectivo, por lo que en este trabajo se desarrollan puntos de reorden, inventarios de seguridad, en resumen, una aplicación de un nuevo modelo de inventario, que les logre identificar ¿Cuánto? y ¿Cuándo pedir?, logrando así una organización mayor y un mejor flujo de los artículos dentro de la bodega.

# 1 Descripción de la empresa

TMLUC., es una empresa chilena dedicada a la fabricación y distribución de alimentos, cuenta con más de 25 reconocidas marcas en el mercado nacional e internacional, logrando posicionarse hoy, en 23 países. TMLUC., o TMLUC, es la fusión de dos grandes empresas chilenas de larga tradición, Córpora Tresmontes y Lucchetti Chile.

Córpora Tresmontes inició sus actividades en Concepción en el año 1893, por el empresario Rudolf Gratenu, quien creó R. Gratenu y Compañía, para comercializar té, café y hierba mate. Después de una serie de fusiones y contando con la incorporación de Adolfo Ibáñez Boggiano, la empresa se diversificó, entrando al mercado de los alimentos en la década de 1930, a través de Depósitos Tresmontes. Luego de la muerte de Adolfo Ibáñez, la dirección es asumida por su hijo, Pedro Ibáñez Ojeda, quien siendo presidente de Tresmontes, la convierte, en el año 1956, en la primera fábrica local productora de café soluble en América Latina. En 1989, ya bajo la dirección de Pedro Ibáñez Santa María, la Compañía comienza a exportar sus productos a toda América Latina y a Europa.

Por otro lado, Lucchetti Chile, nace en 1904 por los inmigrantes italianos Antonio y José Traverso, quienes iniciaron la fabricación artesanal de pastas, creando la empresa La Provedora, luego, ambos deciden invitar a Leopoldo Lucchetti, quien asume la administración de operaciones y adquisición de maquinarias en Italia. En 1966, luego de la adquisición nuevas maquinarias y una delicada situación financiera, deciden vender una participación mayoritaria a la familia Luksic, quienes toman el control de la compañía dos años después. Ese mismo año, la Social Molinos y Fideos Lucchetti S.A., cambia a Lucchetti S.A. En 1993 comienza la internacionalización a Argentina y Perú, pero los problemas que surgieron durante la construcción de otra planta en Perú, ocasionó el cierre de las operaciones en Perú y en Argentina, y concentrarse por completo en Lucchetti Chile S.A.

Finalmente, luego de la fusión de estas dos grandes empresas, en el año 2013 TMLUC., pasa a formar parte del grupo Nutresa, el mayor productor de alimentos en Colombia y uno de los más importantes en el mundo. De esta manera es que el principal objetivo de TMLUC está en proporcionar calidad de vida a las personas por medio de hábitos de vida saludables y alimentación balanceada. En el año 2002, la compañía ingresa a México, con la marca Zuko, alcanzando un fuerte posicionamiento en las líneas de BIF.

TMLUC., posee cuatro centros productivos, tres en Chile (Santiago, Casablanca y Valparaíso) y uno en México (Guadalajara), con 13 plantas productivas distribuidas entre ellos. El centro productivo de Guadalajara fue creado en el 2014, en el cual se encuentran dos de las 13 plantas productivas, una para la producción de pastas y otra para la producción de BIF. Este centro abastece a todos los clientes del país, de América del Norte y Central. [Una historia con sabor, 2001]

## 1.1. Estructura Organizacional

Tresmontes cuenta con 7 grandes áreas. A continuación, el organigrama de TMLUC, con sus jefaturas correspondientes a nivel internacional.

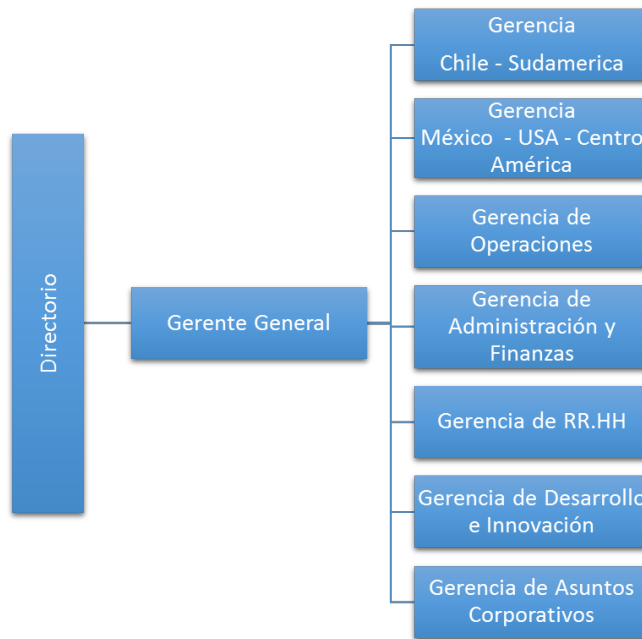


Figura 1: Estructura Organizacional TMLUC  
Fuente: Memoria Anual Tresmontes Luchetti S.A.

## 1.2. Departamento de planificación

En TMLUC el departamento de planificación se divide en tres planificadores que controlan Chile y México, a cargo de un jefe de Planificación encargado de dirigir y liderar actividades que tengan relación a la producción, gestión, abastecimiento y administración del proceso, la formulación de estrategias y desarrollo e implementación de nuevos sistemas en el área.

Los ingenieros de planificación desarrollan y realizan el seguimiento de la planificación de la producción, crean pronósticos de venta a partir de la demanda y datos históricos, y entregan reportes mensuales.

El objetivo principal del departamento es lograr la eficiencia y al mismo tiempo un alto nivel de servicio del proceso.

La estructura organizacional de este departamento es la siguiente:

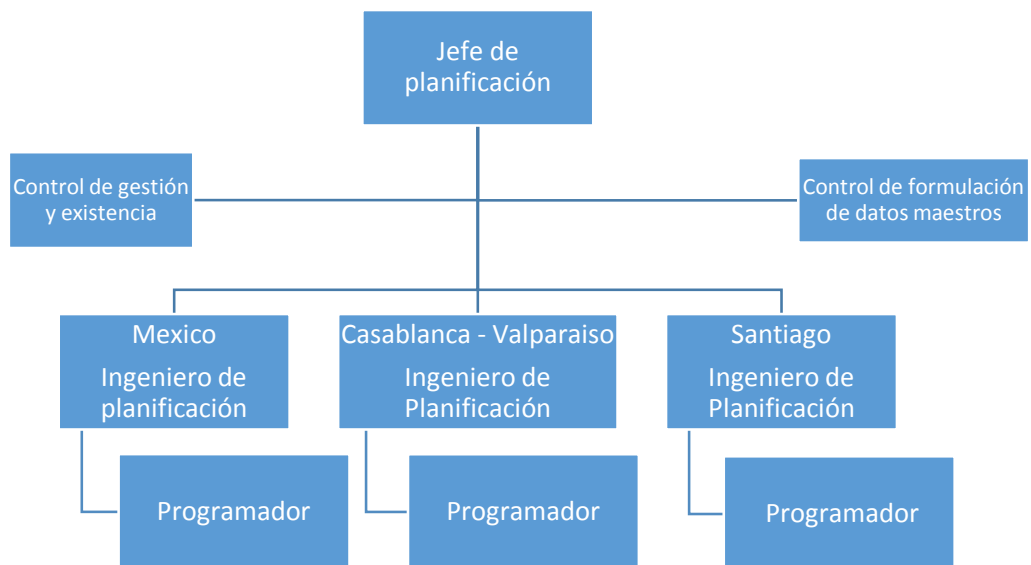


Figura 2: Organigrama Dpto. de Planificación

Fuente: TMLUC.

### **1.3. Plantas productivas**

#### **1.3.1. Chile**

Actualmente en Chile existen 3 complejos productivos, distribuidos entre Valparaíso, Casablanca y Santiago, donde se producen diversas líneas de productos, como Café, Pasta, BIF, Snacks, etc. (Anexo A).

Las BIF, alcanzan un 64,1% de participación de mercado. [Grupo Nutresa, Informe Integral, 2017]

#### **1.3.2. México**

En México existen solo dos líneas de producción; pastas y BIF. Para este desarrollo de memoria solo se trabajará con BIF.

Durante los últimos años, el éxito de las BIF posicionó a México como el segundo país con mayores ingresos para TMLUC con una participación de más de un 20%. Considerando que TMLUC, solo tiene 14 años de participación en México, destacándose el producto Zuko, donde logran una participación de mercado superior al 30% por sobre los demás productos. [Grupo Nutressa., Memoria Anual, 2017]

#### **1.3.3. Centros de Distribución**

TMLUC. México, cuenta con un centro de producción donde se elaboran las pastas y BIF; estas últimas se producen en sus 88 variedades, las que son derivadas como productos terminados al Pulmón SIMAG, conocido como el gran centro distribuidor, el que abastece a 6 centros logísticos distribuidos en México.

Los seis centros logísticos no pertenecen a TMLUC, son arrendados a complejos logísticos ubicados en las regiones mencionadas, y estos abastecen a los clientes minoristas y mayoristas.

En la figura 3, se muestra la estructura de los centros logísticos de TMLUC. Desde la planta productiva los artículos son transportados al centro de almacenamiento de Guadalajara o Pulmón SIMAG, para luego ser llevados a los centros logísticos distribuidos en todo el país.

El centro de contingencia se utiliza para almacenar los productos que no caben en el Pulmón SIMAG.

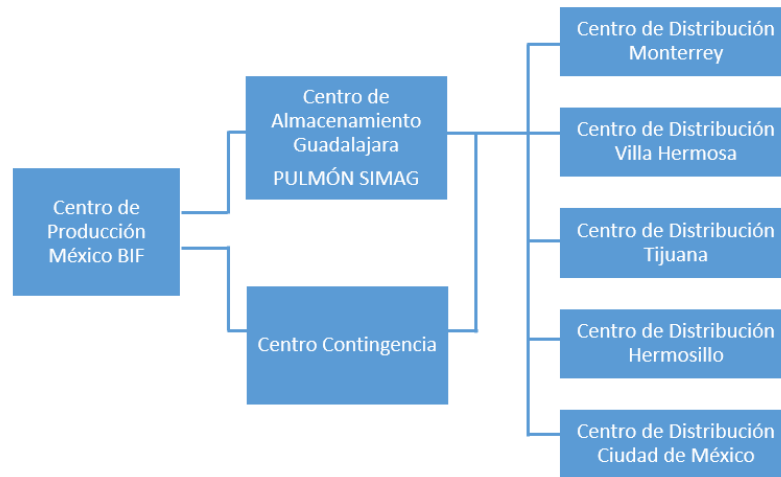


Figura 3: Centros de Distribución  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 3, se observa como están distribuidos en todo el país los centros de distribución que abastecen a los clientes. Estos centros funcionan tanto para almacenar los productos y distribuirlos como sala de ventas, en donde los grupos mayoristas se acercan a comprar los artículos que necesitan.



Figura 4 : Ubicación Geográfica de los centros de distribución  
Fuente: Elaboración Propia

## 2 Planteamiento del Problema

### 2.1. Análisis de la situación actual

El rubro de productos alimenticios especialmente las BIF en México ha experimentado un crecimiento en los últimos años y la demanda ha aumentado progresivamente, año tras año. Los procesos del departamento de planificación, y de inventario, deben adecuarse principalmente a satisfacer a los clientes, manteniendo siempre un inventario en bodega.

El departamento de planificación de TMLUC, para la planta de México como Chile, está ubicado la ciudad de Valparaíso, Chile. Para llevar a cabo la planificación de México, los datos son enviados desde dicho país a los encargados del área, quienes luego de un análisis, obtienen la información la cual es ingresada al sistema y enviada devuelta a México.

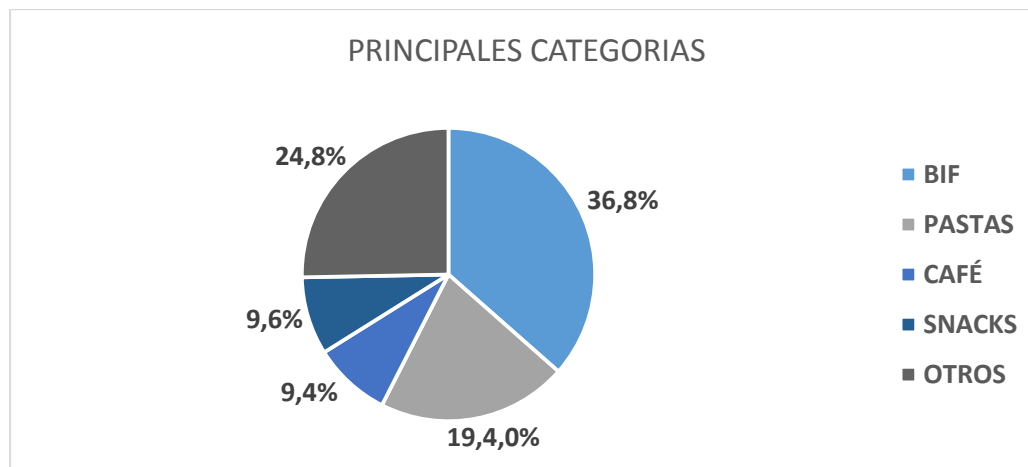


Gráfico 1: Participación líneas de TMLUC.  
Fuente: Elaboración propia – Informe integrado 2017

En el gráfico 1 se muestra la amplia gama de productos para la venta que posee TMLUC. La línea BIF es la que mayor porcentaje presenta de las ventas totales (Chile y México), logrando un 36,5% y en segundo lugar las pastas con un 21%.

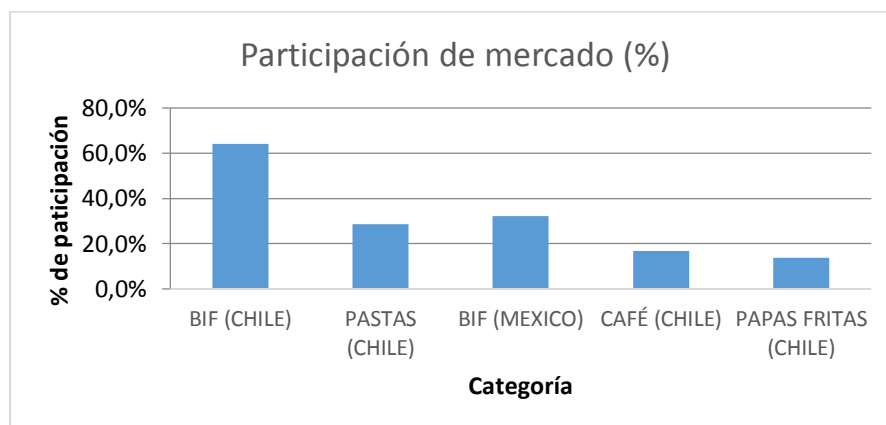


Gráfico 2: Participación de mercado Chile – México  
Fuente: Elaboración propia - Fuente: informe integrado 2016

En México, las BIF, tienen una participación de mercado del 32% durante el 2017, compitiendo directamente con la productora de jugos TANG.

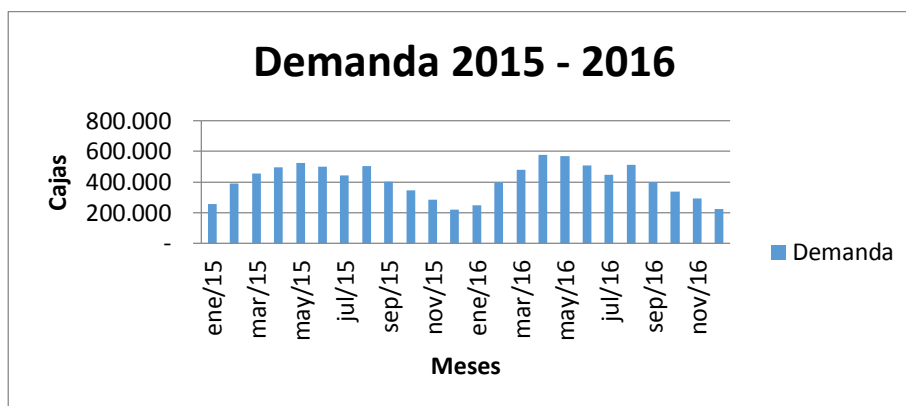


Gráfico 3: Demanda BIF 2015-2016  
Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 3, se observa la demanda de los productos BIF durante 2015-2016 marcando pick de consumo durante los meses de verano en México superando las 500.000 cajas en los meses de mayo.

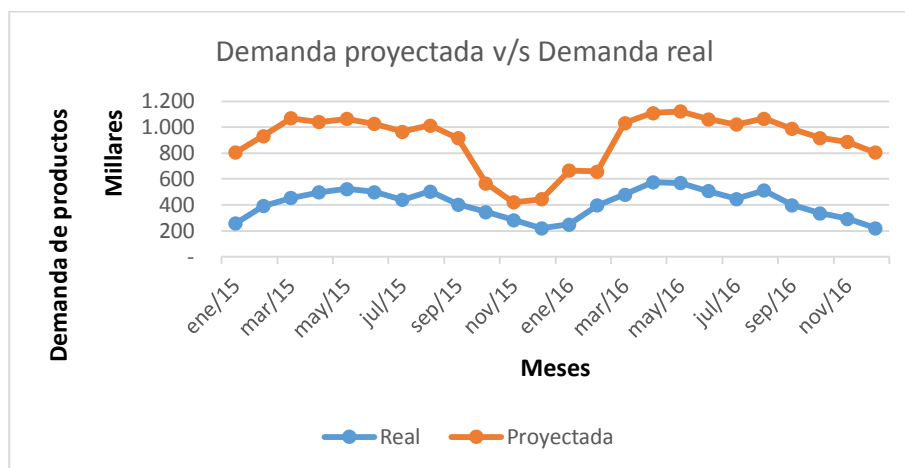


Gráfico 4: Demanda proyectada v/s Demanda real  
Fuente: Elaboración Propia

Como se muestra en el gráfico 4 la demanda proyectada por el departamento de ventas no presenta relación con la demanda real, el mes con menor diferencia en cajas, es noviembre con 360 mil cajas.

### 2.1.1. Bodegas de productos terminados

Pulmón SIMAG, es la bodega de mayor importancia para TMLUC México, almacena los productos terminados provenientes de las plantas productivas tanto de pastas como de BIF, manteniéndolas hasta que llega la orden de pedido desde los centros de distribución de las otras regiones de México.

El Pulmón posee una superficie de 2530 mts<sup>2</sup>, lo que permite un total de 2034 pallet de productos. El 80% del espacio está destinado para almacenar BIF y la diferencia es utilizada por las otras líneas productivas, en este caso, Pastas. Estos productos poseen un código que permite buscarlos y ordenarlos de manera rápida y efectiva.

### **2.1.2. Tiempo Revisión y Lead time**

La empresa no cuenta con un tiempo de revisión, al no estar definido por parte de la administración, el inventario en bodega se revisa cuando el jefe de bodega se acuerda, o bien cuando ocurre algún problema con los artículos, es entonces cuando deciden contabilizar cuantos artículos hay en el pulmón.

Actualmente el pulmón SIMAG no tiene registro del tiempo en que demoran en llegar los productos, de acuerdo a la entrevista realizada los productos pueden demorar entre 1 a 2 semanas, esto dependiendo del producto que se analiza.

Antes de presentar y analizar la problemática que presenta TMLUC, se describirá el proceso de inventario.

## **2.2. Proceso control de Inventario en México**

Para realizar una idea general sobre el control de inventario y problema presente en TMLUC., se presentará el flujo de compra que maneja actualmente la empresa.

### **2.2.1. Diagrama de Flujo sistema de compra.**

Actualmente en México, el proceso de control de inventario se realiza de manera cualitativa parecido a lo que se conoce como Método Delphi. Es decir, basándose en el conocimiento que adquieren al trabajar más de 5 años en el área en discusión, los encargados de administrar el inventario se reúnen y discuten la cantidad a pedir de acuerdo a lo que muestra la proyección de la demanda y a lo que se pidió el mes anterior tomando en cuenta el tipo de artículo a pedir.

A continuación, se presenta un diagrama de flujo del proceso actual de ordenamiento.

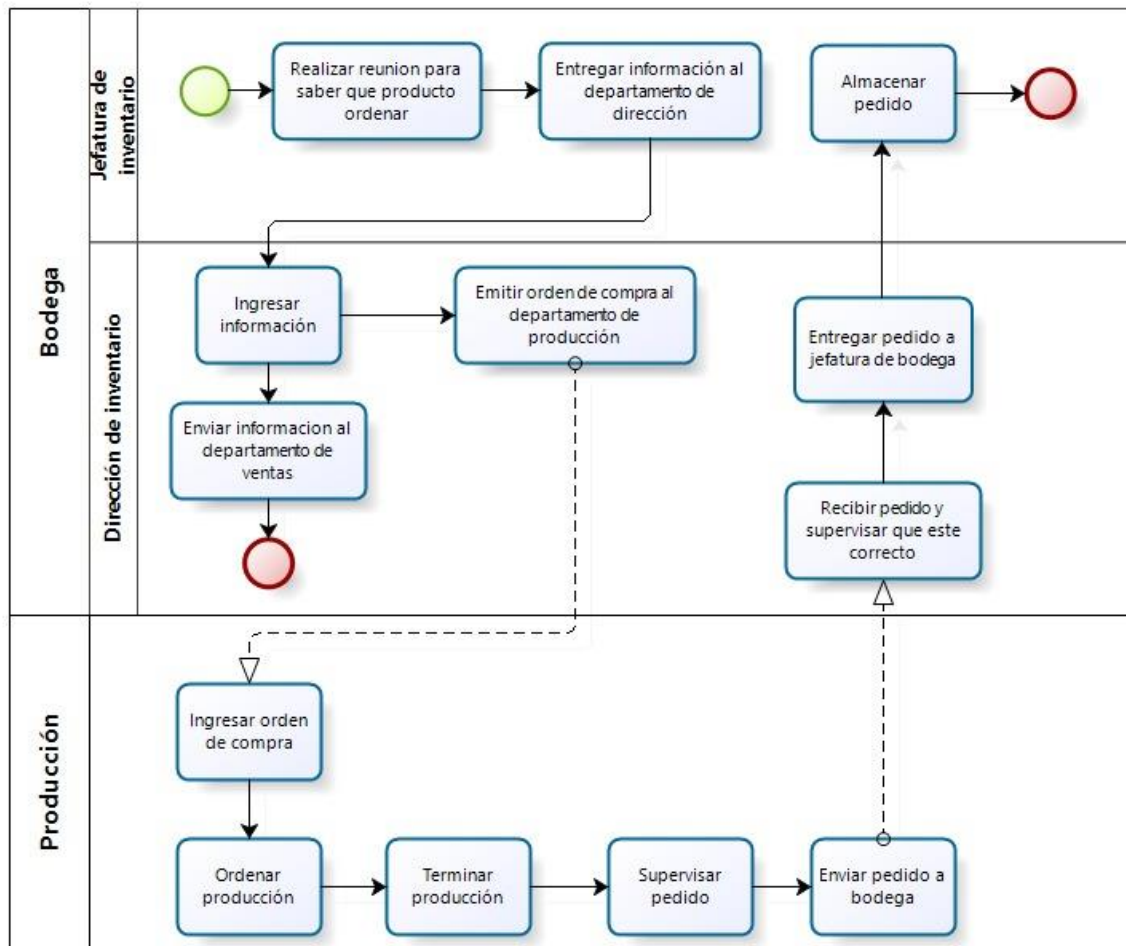


Figura 5: Diagrama proceso control de inventario  
Fuente: Elaboración Propia

Primero se realiza reunión para saber que producto ordenar, a través de la observación en bodega de los productos que quedan y de la proyección de la demanda realizada, al tener dicha información se ingresa la orden para ser enviada al departamento de producción y paralelamente se envía información al departamento de ventas para tener el registro.

En producción se ingresa la orden de compra, donde comienza la producción del pedido y una vez terminado es enviado a bodega donde es recibido y supervisado que todo este correcto para poder ser entregado a jefatura de bodega para su almacenamiento.

### **2.2.2. Análisis errores históricos**

El departamento de planificación de Chile no cuenta con la información de las herramientas que utilizan en el departamento de ventas para proyectar la demanda, por lo tanto, no pueden determinar si lo que hacen lo hacen bien. Sin embargo, basándose en la información enviada que corresponde a la demanda proyectada, se analizan los errores, la desviación media absoluta y la señal de rastreo de la demanda real con la demanda proyectada, de esta manera se obtiene un diagnóstico del método de proyección actual.

En la siguiente tabla se comparan ambas demandas dentro del periodo 2015 y 2016; la demanda proyectada entregada al principio por el departamento de ventas y la demanda real obtenida al final de periodo

Tabla 1: Tabla Error porcentual Absoluto medio (MAPE) de datos históricos entre la demanda real y la proyectada

Periodo	Real	Proyectada	Error	Error Absoluto	Suma (error)	Suma (Error abs.)	MAD	TS
ene-15	257.727	1.059.145	-801.418	801.418	-801.418	801.418	801.418	-1
feb-15	390.829	1.198.012	-807.182	807.182	-1.608.601	1.608.601	804.300	-2
mar-15	453.289	1.338.765	-885.476	885.476	-2.494.077	2.494.077	831.359	-3
abr-15	497.605	1.314.443	-816.837	816.837	-3.310.914	3.310.914	827.729	-4
may-15	523.646	1.349.709	-826.063	826.063	-4.136.977	4.136.977	827.395	-5
jun-15	501.059	1.291.102	-790.043	790.043	-4.927.020	4.927.020	821.170	-6
jul-15	441.034	1.238.114	-797.080	797.080	-5.724.100	5.724.100	817.729	-7
ago-15	505.916	1.297.221	-791.305	791.305	-6.515.405	6.515.405	814.426	-8
sept-15	403.359	1.187.026	-783.667	783.667	-7.299.072	7.299.072	811.008	-9
oct-15	346.560	814.331	-467.771	467.771	-7.766.842	7.766.842	776.684	-10
nov-15	283.394	650.280	-366.886	366.886	-8.133.728	8.133.728	739.430	-11
dic-15	219.692	674.177	-454.484	454.484	-8.588.212	8.588.212	715.684	-12
ene-16	248.841	909.212	-660.371	660.371	-9.248.584	9.248.584	711.430	-13
feb-16	396.675	896.438	-499.762	499.762	-9.748.346	9.748.346	696.310	-14
mar-16	480.511	1.302.011	-821.500	821.500	-10.569.846	10.569.846	704.656	-15
abr-16	575.541	1.396.337	-820.796	820.796	-11.390.642	11.390.642	711.915	-16
may-16	570.669	1.408.582	-837.914	837.914	-12.228.556	12.228.556	719.327	-17
jun-16	506.833	1.326.869	-820.036	820.036	-13.048.592	13.048.592	724.922	-18
jul-16	446.796	1.266.665	-819.869	819.869	-13.868.461	13.868.461	729.919	-19
ago-16	511.344	1.327.251	-815.907	815.907	-14.684.369	14.684.369	734.218	-20
sept-16	398.824	1.209.296	-810.472	810.472	-15.494.841	15.494.841	737.850	-21
oct-16	335.396	1.143.743	-808.347	808.347	-16.303.188	16.303.188	741.054	-22
nov-16	292.673	1.153.194	-860.520	860.520	-17.163.708	17.163.708	746.248	-23
dic-16	222.085	1.025.552	-803.467	803.467	-17.967.175	17.967.175	748.632	-24

Fuente: Elaboración Propia

Al observar la señal de rastreo, se muestra un valor -24 de desviaciones medias absolutas, el hecho que sea negativo indica que la demanda proyectada por el departamento de ventas es mayor que la demanda real en 24 meses de los 24 analizados.

Si la demanda proyectada fuese efectiva, los errores sumarían 0; los meses altos se compensarían con los bajos y por lo tanto la señal de rastreo también sumaría 0. Se considera un rango de  $\pm 1$  a 4 de error medio absoluto, considera al 99,85% de los datos del pronóstico dentro de los límites de control.

De forma más clara se puede observar en el gráfico 5, donde se grafica la señal de rastreo que determina el nivel de precisión de la proyección de la demanda; se muestran 24 meses que quedan fuera de los límites establecidos, demostrando que existe un error al proyectar la demanda. Como se mencionó el pronóstico es mayor que la demanda real. Para que se mantenga una tendencia normal, y los valores entre los límites es necesario que la diferencia entre la demanda real y la pronosticada sea la mínima. Por lo cual es necesario cambiar el modelo de pronóstico de demanda, para lograr índices adecuados al modelo.



Gráfico 5: Gráfico Señal de rastreo  
Fuente: Elaboración propia

## 2.3. Formulación del Problema

TMLUC., México actualmente maneja altos niveles de inventario que sobrepasan la capacidad de las bodegas, provocando problemas en la bodega principal

Para poder descifrar la causa – raíz que actualmente están generando problema en el área mencionada, se elabora árbol de realidad actual (ARA), herramienta con la cual se obtienen las principales causas generadoras del conflicto, las que serán tomadas como base para elaborar una serie de mejoras.

Efectos indeseables

- **Aumento de los costos:** Este efecto es provocado por tener que realizar uso de una bodega externa para almacenar los productos, incurriendo en un costo mayor que el uso de la bodega normal (PULMON SIMAG). Durante el 2016 se debió pagar cuatro veces más el valor de la bodega normal.

Tabla 2: Costos por bodega

Normal	Adicional
\$ 619.515.384	\$5.763.886.842

Fuente: Elaboración propia

- **Obsolescencia de productos:** el sobre stock de productos, provoca una acumulación de estos en la bodega ocasionando que el 12% de los productos no alcanzan a ser comercializados y vencen en bodega imposibilitando su venta.
- **Uso de bodega externa:** efecto provocado por sobrestock de productos, al no quedar espacio en la bodega normal (PULMON) es necesario buscar alternativas para almacenar al 76% de los productos que quedan fuera.
- **Sobre-stock de productos:** Se debe a la ineficiente proyección de la demanda, provocando que la información entregada desde planificación a producción sea incorrecta y produzcan mayor cantidad de lo debido.
- **Ineficiente gestión de abastecimiento:** Esto se genera por tener gran variedad de productos y en gran cantidad lo que dificulta el orden en bodega y encontrar productos.
- **Desconocimiento de productos en bodega:** Efecto generado por el desorden mencionado en el abastecimiento

A continuación, se expone el árbol de realidad actual (ARA), donde cuya raíz es la falta de un modelo de inventario.

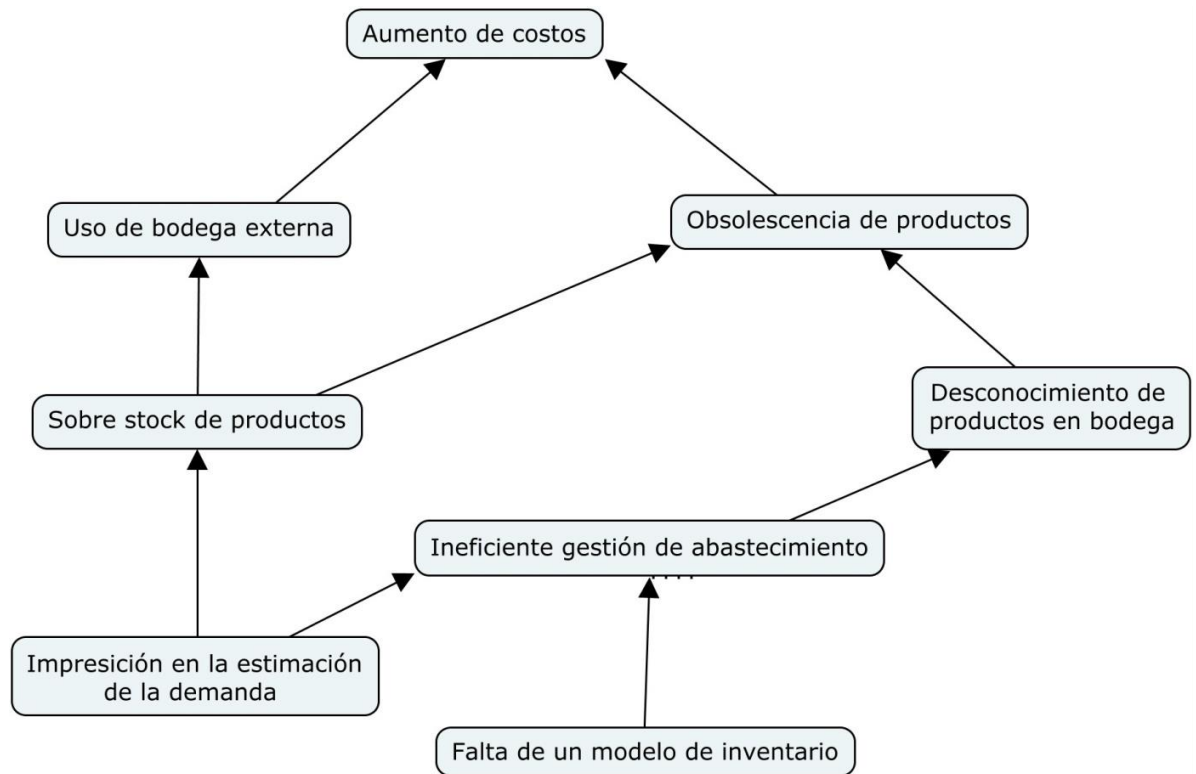


Figura 6: Árbol de la realidad actual (ARA)  
Fuente: Elaboración propia

## **2.4. Objetivos**

### **2.4.1. Objetivos general**

Diseñar un modelo de gestión de inventario para TMLUC., planta México, que disminuya el sobre stock existente en los centros de almacenamiento, para las BIF.

### **2.4.2. Objetivos específicos**

- Identificar los productos críticos dentro del Pulmón SIMAG en la empresa.
- Pronosticar la demanda, con los modelos propuestos y evaluados.
- Definir un inventario de seguridad e inventario objetivo, a través de un análisis estadístico, para el Pulmón SIMAG.
- Evaluar el modelo propuesto en los diversos escenarios presentes en la empresa.

### **3 Marco Teórico**

A continuación, se explican los términos que serán usados como base permitiendo respaldar la investigación a realizar, evitando errores que se han cometido en investigaciones anteriores. También se delimita el área de investigación analizando conceptos que son válidos para el Problema descrito.

#### **3.1. Logística**

“La parte de la gestión de la cadena de suministro que planifica, implementa y controla el flujo eficiente y efectivo de materiales y el almacenamiento de productos, así como la información asociada desde el punto de origen hasta el de consumo, con el objeto de satisfacer las necesidades de los clientes” [Douglas M. Lambert, M. Cooper, J. D. Pagh, 1998]

“El proceso de administrar estratégicamente el flujo y almacenamiento eficiente de las materias primas, de las existencias en proceso y de los bienes terminados del punto de origen al de consumo”. [Charles Lamb, Joseph Hair y Carl McDaniel, 2002].

#### **3.2. Inventario**

Según Schroeder, (1996) el inventario es una cantidad almacenada de materiales que se utilizan para la producción de otros materiales o para satisfacer la demanda del consumidor, y por lo tanto pueden ser de materias primas, productos en proceso o productos terminados.

Por otro lado, para [Chase, Jacobs y Alquilano, 2009], los inventarios son las existencias de una pieza o un recurso utilizado en una organización, y ellos indican que un sistema de inventario es un conjunto de políticas y controles que vigilan los niveles de inventario, determinando los que deben mantenerse, el momento para reabastecer y la cantidad respectiva.

En si el inventario son bienes tangibles, materiales que se tienen para la venta o para consumir dentro de la producción de otros materiales, por ello, es que puede existir inventario para materias primas, productos en proceso y productos terminados. Para tener un control del inventario, hay que tener en cuenta diversas cosas, el movimiento del producto, las ventas históricas, etc., de tal manera que se tenga un stock mínimo de productos almacenados, que no aumente los costos, pero que tenga la capacidad de responder a las demandas de los clientes.

### 3.2.1. Tipos de Inventario.

Los inventarios pueden clasificarse por su forma o función, [Noori, H., Radford, R., (1997)].

Clasificación según su forma

- Inventario de Materia Prima, constituido por los insumos y materiales necesarios y básicos para el producto final.
- Inventario de Producto en Proceso, son los materiales en el proceso de producción.
- Inventario de Producto Terminado, son aquellos materiales que han pasado por todo el proceso de producción, están destinados a su comercialización o entrega.

Clasificación según su función

- Inventario de Seguridad o de Reserva, es el que se mantiene para compensar los riesgos, de paros no planeados de la producción o bien incrementos inesperados.
- Inventario de desacoplamiento, es el que se necesita entre dos procesos adyacentes, en el cual las tasas de producción no se pueden sincronizar.
- Inventario en tránsito, son artículos pedidos, pero no recibidos.
- Inventario de Ciclo, es utilizado cuando la empresa compra unidades para utilizarlas en un futuro cercano.
- Inventario previsual o estacional, este se acumula cuando una empresa produce durante los periodos de demanda baja para satisfacer el tiempo de demanda alta.

### 3.2.2. Costos de inventario.

Los costos de inventario están relacionados con el coste de almacenamiento y mantenimiento de los artículos en un espacio físico, conocido como bodega, por un tiempo determinado, generalmente se describen como un porcentaje del valor de inventario. [Richard B. Chase, F. Robert Jacobs, Nicholas J. Aquilano. 2009. Administración de Operaciones. Producción y cadena de suministros].

- **Costos de Adquisición:** costo de comprar o producir el artículo individual del inventario. Costo unitario
- **Costos por Ordenar:** Son los costos que se asumen al momento de colocar una orden y son independientes de la cantidad que se compra, se relacionan exclusivamente con lanzar una orden.

- **Costo de Mantenimiento del Inventario:** Es el costo por periodo por cada artículo en inventario. Almacenar un artículo o material en bodega, genera costos por mantener dicho artículo en buenas condiciones para cuando se necesite.
- **Costo por pérdida:** es la penalización que se incurre cuando se terminan las existencias, la pérdida potencial de ingresos y la de la buena voluntad del cliente.
- **Costo Total de Inventario:** El costo total del inventario es la suma de los costos anteriormente mencionados.

### 3.3. Administración de Inventario

La administración de inventario consiste en saber decidir cuándo deberán colocarse los pedidos y en cuánto se debe mantener el inventario. Tiene como objetivo: Maximizar el servicio al cliente, eficiencia de las unidades de compra y producción, y minimizar la inversión en inventarios. [Narasimham, 96].

Se centra en cuatro aspectos básicos:

- 1.- ¿Cuántas unidades deberán producirse u ordenarse en un momento dado?
- 2.- ¿En qué momento deberá ordenarse o producirse el inventario?
- 3.- ¿Qué artículos del inventario merecen atención especial?
- 4.- ¿Podemos protegernos de los cambios en los costos de los artículos en inventario?

Todo modelo o administración tiene ventajas y desventajas; la ventaja principal es que la empresa puede satisfacer las demandas de sus clientes con mayor rapidez, pero implica un costo generalmente alto por concepto de almacenamiento, manejo y rendimiento, además existe un peligro de obsolescencia.

#### 3.3.1. Técnicas para la clasificación de inventarios

##### 3.3.1.1. Clasificación ABC

El análisis ABC fue creado por Wilfredo Pareto, motivo por el cual también se denomina análisis de Pareto. El economista expresó que en Italia entre el 80% y 85% de dinero lo tenía entre el 15% y 20% de la población. Al grupo que compone el 20% lo nombró minoría vital y al grupo que corresponde al 80% - 85% lo nombro mayoría trivial, desde entonces que se conoce como "Regla 80-20" o ley de Pareto.

El método ABC es una clasificación o segmentación de los artículos en inventario, para facilitar la gestión de los stocks, no todos los artículos almacenados suponen la misma importancia para la empresa.

Para llevar a cabo la clasificación ABC se deben seguir los siguientes pasos.

- 1-. Ordenar los artículos de mayor a menor valor, definiendo la variable a utilizar,
- 2-. Calcular el porcentaje de cada artículo por el total
- 3-. Obtener las existencias absolutas acumuladas
- 4-. Calcular el porcentaje de las existencias absolutas acumuladas
- 5-. Representar gráficamente la clasificación

Con la gráfica entregada los productos se dividen en tres categorías A, B y C. Los grupos deben establecerse con base al número de partidas y su valor. La representación gráfica de estos porcentajes corresponde a una curva, denominada de Pareto, que permite conocer de una manera rápida cada una de estas tres zonas. Los elementos que pertenecen a la clase A serán, lógicamente, los que requieran más atención. Los de la zona B tendrán una importancia secundaria frente a los de la A, aunque requieran un cierto control, que puede ser realizado mediante ordenadores. Los elementos pertenecientes a la zona C son los más numerosos, aunque representen el menor volumen monetario. Estos artículos no requieren un control excesivo y en ciertos casos basta con mantener un stock lo suficientemente grande para que no existan problemas de rupturas.

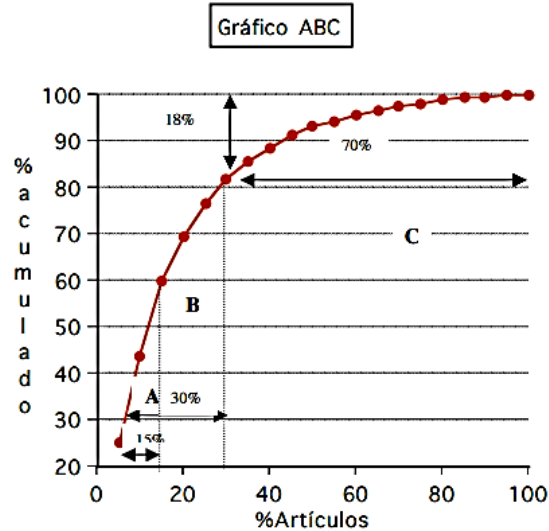


Figura 7: Gráfico ABC

Fuente: Elaboración Propia

### 3.3.1.2. Análisis ABC Multicriterio

Para un eficiente sistema de control de inventario se debe aplicar análisis en correspondencia con la importancia económica relativa de cada producto. La clasificación de los productos pasa a ser un elemento importante para poder diferenciar las estrategias para cada grupo de artículos, logrando una eficiente gestión de inventarios. [Oscar Parada Gutiérrez, 2009]

Para esto es necesario introducir esquemas matemáticos acorde al mundo empresarial de hoy en día.

El análisis ABC multicriterio apunta principalmente a empresas donde presentan un elevado número de productos o la naturaleza de estos es muy diversa, por lo que se recomienda realizar un análisis diferenciado prestando atención a criterios distintos e influyentes para la empresa.

Los criterios más destacados según Parada son:

- Valor de consumo
- Importancia del artículo
- Precio
- Movimiento del artículo
- Dificultad en el aprovisionamiento
- Estabilidad de la demanda a lo largo del tiempo

El análisis Multicriterio se apoya en diferentes métodos que son:

- Análisis matricial
- Análisis jerárquico
- Árboles de decisiones
- Reglas Heurísticas

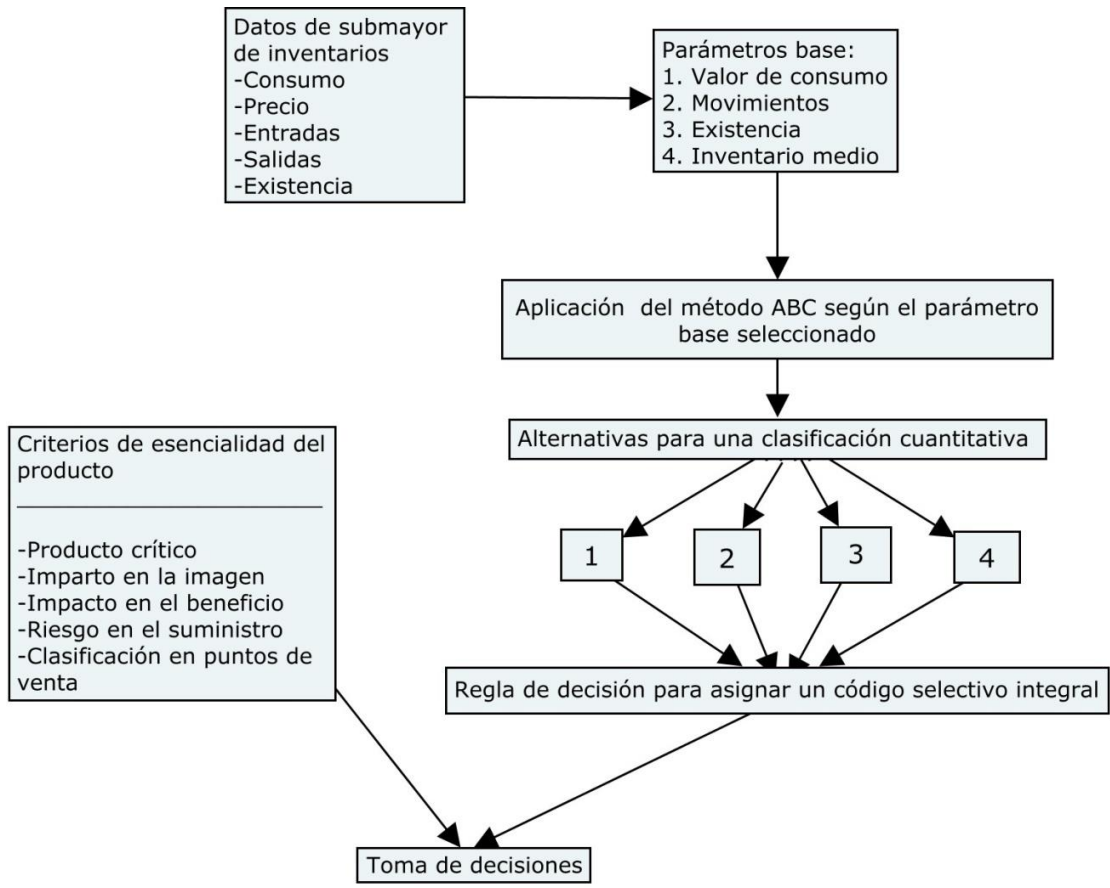


Figura 8: Representación del enfoque multicriterio en la aplicación del método ABC  
 Fuente: Estudio Oscar Parada, 2009.

Para la asignación de un código selectivo integral ABC, parte de las siguientes premisas

1°. - Selección de parámetros para análisis ABC tradicional por cada artículo y construir la matriz correspondiente a las zonas de clasificación. Ello permitirá tener un código selectivo A, B o C, de acuerdo con los rasgos establecidos para delimitar cada una de las zonas de clasificación, como se muestra a modo de ejemplo en la siguiente figura:

Tabla 3: Zonas de clasificación

Producto	Clasificación según		
	Rotación	Ventas	Almacenamiento
X	A	B	C

Fuente: Elaboración propia

2°. - Determinación de los factores de ponderación por zonas de clasificación, con el porcentaje obtenido para cada uno de los parámetros en el análisis ABC tradicional. Es evaluar el grado de importancia que tiene cada producto para la organización de criterios de esencialidad, Parada recomienda los siguientes criterios

En primer lugar, se debe fijar los factores de ponderación cuantitativos que expresan la importancia relativa, según los parámetros base.

Fij: Factor de ponderación de la zona i para el parámetro base j.

$F_{ij} > 0$

Donde:

i: A, B, C.

j: 1, 2, 3... N

Tabla 4: Clasificación factor ponderación

Parámetros	Zonas		
	A	B	C
1	FA1	FB1	FC1
2	FA2	FB2	FC2
3	FA3	FB3	FC3
N	Fan	FBn	FCn

Fuente: Elaboración propia

Los factores deben cumplir la siguiente restricción:

$$- F_{Aj} > F_{Bj} > F_{Cj}$$

En segundo lugar, se debe calcular la puntuación total ( $P_k$ ) de cada producto  $k$  a través de la suma de los factores de ponderación, según la zona de clasificación en cada parámetro, de acuerdo al vector del análisis ABC.

$$P_k = \sum F_{ji} \quad (1)$$

Donde:

i: A, B, C.

J: 1, ... n

K: 1, ... m

m: cantidad de productos

En tercer lugar, se debe formular la regla de decisión para asignar el código selectivo integral. Se define el valor máximo y mínimo de los valores que puede aportar  $P_k$  para cada producto

$$V_{\max} = \sum_{j=1}^n FA_j \quad (2)$$

$$V_{\min} = \sum_{j=1}^n FC_j \quad (3)$$

$V_{\max}$  y  $V_{\min}$  definen un intervalo que se divide en tres clases para poder establecer el código selectivo integral. La amplitud de cada intervalo estará dada por la siguiente fórmula:

$$ACL = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{3} \quad (4)$$

Para asignar el código selectivo integral se plantea la siguiente regla de decisión aplicable a los productos.

Código selectivo integral A: Asignable a todos aquellos que cumplen con la siguiente condición:

$$V_{\max} - ACL < P_k < V_{\max} \quad (5)$$

Código selectivo integral B: Clasifican como B aquellos productos que cumplen lo siguiente:

$$V_{\min} + ACL < P_k < V_{\max} - ACL \quad (6)$$

Código selectivo integral C: Clasifican aquellos productos que cumplen la siguiente condición:

$$V_{\min} \leq P_k \leq V_{\min} - ACL \quad (7)$$

### **3.4. Modelos de Inventario**

Los modelos de inventario existentes son variados, de acuerdo a cada situación que los datos representen. Para esto se detallarán los modelos más utilizados para poder encontrar el adecuado para los datos obtenidos. Se clasifican de acuerdo a la demanda, la cual puede ser determinística o probabilística

#### **3.4.1. Modelos Determinísticos**

Son aquellos modelos en donde se toma como supuesto que la demanda es conocida. Dentro del modelo determinístico también hay una clasificación, si la demanda es estática o variable.

##### **3.4.1.1. Modelo de cantidad económica de pedido (EOQ – Clásico)**

Según el autor [Schroeder, 96] del libro Administración de Operaciones, señala que este modelo fue desarrollado por F.W. Harris en 1915, pero mundialmente conocido como el Modelo Wilson, pues fue este último quien dio uso masivo de su fórmula. El modelo de Cantidad Económica de Pedido, o EOQ, es el modelo más sencillo, con una demanda de tasa constante y con reposición instantánea y sin escasez, cada vez que el inventario queda en 0, se emite y recibe la orden al mismo tiempo, provocando que el nivel de inventario vuelva al nivel Q.

En este modelo la demanda debe ser constante, recurrente y conocida. El tiempo de entrega también es conocido y constante, no está permitido tener inexistencias debido a que se conoce la demanda y el tiempo de entrega, se puede calcular con exactitud el momento para hacer una compra. La orden se realiza en lotes y se adquiere toda de una sola vez, no hay descuento por compras grandes.

En la siguiente imagen se muestra la gráfica que posee el modelo EOQ, el cual posee un patrón diente de sierra perfecto, esto ocurre porque la demanda es constante y los artículos son adquiridos en tamaños fijos de lote. Ahora bien mientras menor sea el tamaño del lote, más ordenes tendrán que realizarse y mientras mayor sea el lote, la frecuencia de la ordenes disminuirán.

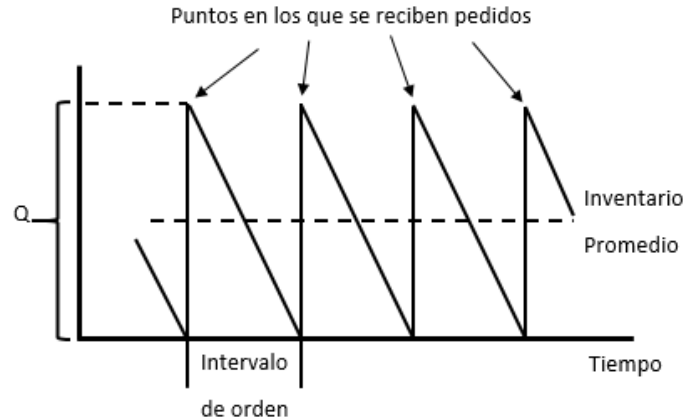


Figura 9: Modelo de cantidad económica de pedido  
Fuente: Elaboración propia

Q = Tamaño del lote

TC = Total de costo anual

D = Demanda

C = Costo por unidad

S = costos de hacer un pedido

R = Punto de volver a pedir

L = Tiempo de entrega

H = Costo anual de mantenimiento y almacenamiento por unidad de inventario promedio.

Ahora para calcular TC, se debe tener presente lo siguiente

$$\text{Costo de pedido anual} = (\text{Costo por pedido}) (\text{Pedidos al año}) = S \frac{D}{Q} \quad (12)$$

$$\left( \text{Costo mantenimiento} \right)_{\text{anual}} = \frac{Q}{2} H \quad (13)$$

$$\left( \text{Costo compra} \right)_{\text{anual}} = D \quad (14)$$

El costo total entonces se calcula

$$\left( \text{Costo total} \right)_{\text{anual}} = \left( \text{Costo de compra} \right)_{\text{anual}} + \left( \text{Costo de pedido} \right)_{\text{anual}} + \left( \text{Costo de mantenimiento} \right)_{\text{anual}}$$

$$TC = DC + \frac{D}{Q} S + \frac{Q}{2} H \quad (15)$$

Al aumentar el tamaño del lote o Q, disminuye el costo de compra ya que se realizan menos órdenes al año, pero el costo de llevar el inventario aumenta debido a que aumenta el almacenamiento del inventario promedio, lo mismo ocurre si el Q es menor, los costos de compra aumentan porque se aumentan las compras en el año, pero el costo de llevar el inventario disminuye ya que el inventario promedio que se almacena baja. Es en este punto donde los costos de la ecuación se compensan, al disminuir uno el otro aumenta. Por lo tanto, la ecuación TC tiene un mínimo y para encontrarlo se debe encontrar Q derivando TC e igualándola a 0.

$$TC' = DC + \frac{D}{Q} S + \frac{Q}{2} H$$

$$\frac{\partial TC}{\partial Q} = 0 + \left(-\frac{DS}{Q^2}\right) + \frac{H}{2} = 0$$

$$Q^2 = \frac{2SD}{H} \quad \sqrt{\quad}$$

Entonces para calcular el lote o Q, se utiliza la siguiente ecuación

$$Q = \sqrt{\frac{2SD}{H}} \quad (16)$$

Esta ecuación minimiza el costo de la operación del inventario, y puede usarse en cualquier unidad de tiempo siempre y cuando las tasas de interés de inventario y de demanda sean compatibles.

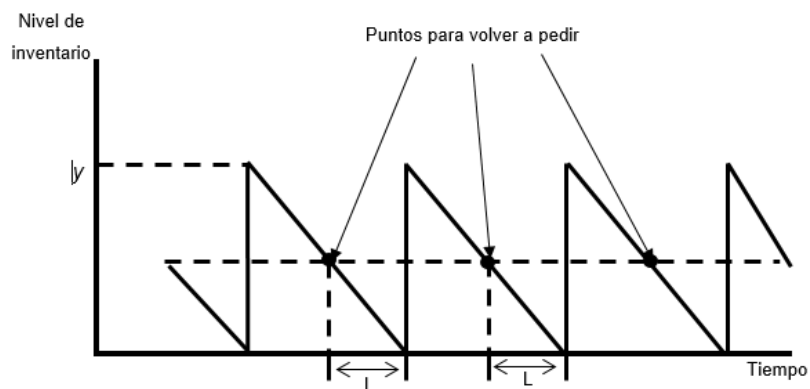


Gráfico 6: Modelo cantidad económica de pedido

Fuente: Elaboración propia

Los pedidos solicitados no necesariamente deben llegar el mismo día que se solicitaron. Puede ocurrir un tiempo de espera, el cual existe entre que se coloca la orden de un pedido y el momento en que se recibe, como se muestra en la figura.

### 3.4.2. Modelos Probabilísticos

Lo primero que se debe suponer en estos modelos es que la demanda es incierta y no se conoce, pero es posible describirla por medio de la distribución de probabilidad. Para ello, se asume que los costos de oportunidad de no tener un inventario no son fáciles de calcular, por lo que el enfoque está en definir el nivel de servicio con el que se desea satisfacer la demanda de los clientes.

Al tener una demanda incierta se genera un aumento en los quiebres de stock, para reducir esta situación se debe mantener inventario de reserva del producto que permita cubrir las fluctuaciones de la demanda durante el tiempo de espera, este inventario se conoce como inventario de seguridad.

#### 3.4.2.1. Modelo probabilístico revisión continua

También conocido como modelo Q. En este modelo se asume que el inventario se revisa en forma constante. Las transacciones deben ser registradas para llevar la contabilidad de los productos que están saliendo de bodega, de esta manera cuando las existencias estén por debajo de un punto predeterminado o conocido punto de reorden, se deberá colocar una orden por una cantidad fija. [Schroeder, 96]

La siguiente grafica representa como funciona este modelo.

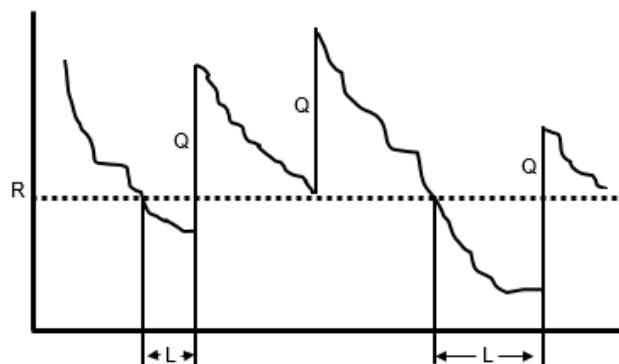


Gráfico 7: Modelo Probabilístico revisión continuo  
Fuente: Elaboración propia.

El nivel de inventario cae hasta el punto de reorden (punto R) de manera irregular, donde se pide una cantidad Q de productos. Esta cantidad es recibida después de un tiempo de entrega L, entonces se vuelve a utilizar el inventario de manera irregular hasta que llega al punto de reorden R y se vuelve a solicitar una cantidad Q.

Este modelo de acuerdo a Schroeder, se lleva a cabo utilizando solo los parámetros de Q y R. La cantidad Q se calcula a través del EOQ, haciendo uso de la demanda promedio D.

$$Q = \sqrt{\frac{2SD}{iC}} \quad (17)$$

Y para determinar el punto de reorden se define

$$R = m + s \quad (18)$$

R = punto de reorden

m = demanda media durante el tiempo de entrega (L)

s = inventario de seguridad

$$s = z \sigma \quad (19)$$

z = Factor de seguridad

$\sigma$  = Desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega

Entonces el punto de reorden

$$R = m + z\sigma \quad (20)$$

### 3.4.2.2. Modelo probabilístico revisión periódica

También conocido como modelo P, propone una alternativa al modelo anterior donde se utiliza el punto de reorden. Las existencias se revisan periódicamente a intervalos fijos debido a que depende de las visitas del proveedor. En este modelo existe un inventario objetivo el cual es el límite o el máximo que se puede tener en la bodega, por lo tanto, después de cada revisión se ordena una cantidad igual al inventario objetivo menos la posición del inventario en el momento de la revisión.

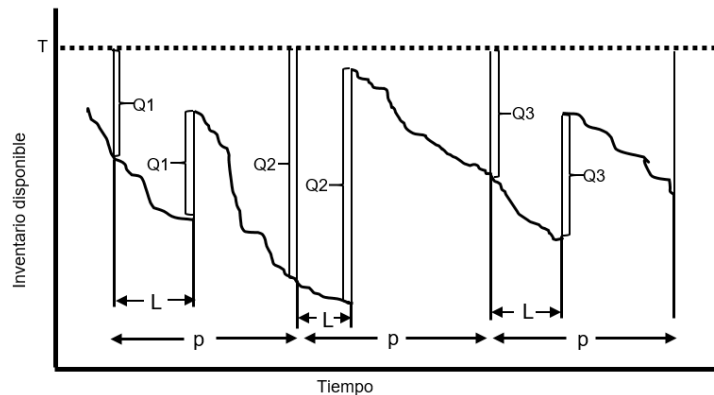


Gráfico 8: Modelo probabilístico de revisión periódica  
Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la imagen superior, el nivel de inventario cae de manera irregular hasta que llega el día fijo de revisión. En ese momento se ordena la cantidad necesaria para llegar al nivel de inventario objetivo T, la orden llega luego de un tiempo L.

El sistema P posee diferencias con el sistema Q, las cuales se mencionan a continuación.

1. El sistema Q cuenta con un punto de reorden, en cambio el modelo P posee un inventario objetivo T.
2. No posee un Q fijo, sino que esta cantidad varía de acuerdo a la demanda.
3. En el sistema P, el intervalo de compra es fijo, no la cantidad.
4. En un sistema de periodo fijo, los pedidos se vuelven a realizar al momento de la revisión (p). Como se muestra en el grafico 8, existe un tiempo de entrega constante L. [Richard B. Chase, F. Robert Jacobs y Nicholas J. Aquilano].

La cantidad a pedir Q, se define a través de la siguiente fórmula,

$$Q = \bar{d} * (p + L) + z\sigma T + L - I \quad (21)$$

El inventario de seguridad está definido bajo la siguiente fórmula

$$s' = z\sigma(t + l) \quad (22)$$

Donde

p = periodo entre revisiones

Q = Cantidad a pedir

$\bar{d}$  = Demanda promedio

L = Tiempo de entrega

z = Número de desviaciones estándar para una probabilidad de servicio

$\sigma$  = Desviación estándar de la demanda en el periodo de revisión y entrega

I = Nivel de inventario actual

Fórmula Inventario Objetivo

$$T = m' + S' \quad (23)$$

Donde:

T = Inventario Objetivo

m' = demanda promedio en P + L

S' = Inventario de seguridad

El inventario de seguridad deber ser lo suficientemente alto para asegurar el nivel de servicio al cliente.

### 3.4.2.3. Coeficiente de variabilidad

El coeficiente de variabilidad es un estimado de la variabilidad relativa de un conjunto de datos, mide la dispersión de los datos respecto a la media. Dicho coeficiente tiene un importante significado al momento de determinar el comportamiento de los datos. [Berenson, 06]

Si el valor del coeficiente de variabilidad (CV) es menor a 20% se puede decir que los datos están poco dispersos con relación a la media, lo que se puede interpretar como un comportamiento determinístico, en cambio si el valor de CV es mayor a 20% entonces los datos están dispersos o alejados de la media de los datos por lo que se puede decir que presentan un comportamiento probabilístico.

$$CV = \frac{\text{DESVIACIÓN TÍPICA}}{\text{MEDIA}} = \frac{\sigma}{\bar{X}} * 100 \quad (24)$$

$$\text{MEDIA} = \bar{X} = \frac{\sum X}{n} \quad (25)$$

#### 3.4.2.4. Test Kolmogorov – Smirmov

Es un estudio analítico, el cual contrasta la función de la distribución acumulada de los datos observados con la de una distribución normal. Consiste en comparar la distribución teórica, que es aquella que se quiere demostrar versus la distribución empírica, de los datos observados, a través del estadístico de prueba, valor de distancia (D), el cual se expresa en la siguiente función. [Tomás Gálvez Martínez, Demand Planning & Sales Forecasting].

$$D = \max | F(Y_i) - S_n(x) |, \text{ para } i = 1, \dots, n \quad (26)$$

Donde,

F (x) = función de distribución teórica

$Y_i$  = i – ésimo estadístico de orden

n = es el número de datos a analizar

$S_n(x)$  =  $i / n$  es la función de distribución empírica

Una vez obtenido el estadístico D, es necesario calcular el valor p.

Valor p = P (D ≥  $d_0$ , cuando la hipótesis nula es verdadera), en donde  $d_0$  es el valor asociado a D.

### **3.5. Pronósticos de la demanda**

Para toda empresa que tiene un ambiente incierto con respecto a factores externos, que intervienen sobre variables de gran relevancia. Es necesario tomar decisiones para poder controlar las variables.

Los pronósticos de la demanda son una herramienta, necesarias para realizar una proyección para conocer qué es lo que pasara con las ventas dentro de cualquier empresa, esta se puede clasificar en cualitativos y cuantitativos.

#### **3.5.1. Pronósticos cualitativos**

Los métodos cualitativos de pronósticos se utilizan juicios administrativos, experiencias, datos relevantes y un modelo matemático implícito. Es frecuente que con este método se llegue a dos pronósticos totalmente diferentes.

Los pronósticos cualitativos se deben utilizar cuando los datos anteriores no constituyen indicadores confiables de las situaciones futuras. Cuando esto sucede, deben evaluarse utilizando el criterio personal antes de elaborar un pronóstico. Los pronósticos cualitativos también se deben utilizar en la introducción de nuevos productos, situación en la que no existe una base de datos histórica [Schroeder, 2005]

- Delphi: Pronósticos que desarrollo un panel de expertos que respondieron una serie de preguntas en rondas sucesivas. Las respuestas anónimas en el panel se retroalimentan a todos los participantes en cada ronda. S es posible utilizar entre tres y seis rondas para obtener la convergencia del pronóstico.
- Encuestas de mercado: Se utilizan paneles, cuestionarios, mercados de prueba o encuestas para recopilar datos sobre las condiciones del mercado.
- Analogía de los ciclos de la vida: La predicción se basa en las fases de introducción, crecimiento y saturación de productos similares. Utiliza la curva de crecimiento de las ventas en forma de S.
- Juicio informado: Un grupo o un individuo pueden elaborar los pronósticos con base en la experiencia, en corazonadas o en hechos acerca de la situación. No se utiliza método riguroso alguno

Hay que considerar que los métodos cualitativos son costosos, en especial cuando se necesitan pronósticos múltiples.

### **3.5.2. Pronósticos cuantitativos**

Los pronósticos cuantitativos se refieren sobre todo a los números o cifras tales como los pronósticos de ventas, pronósticos presupuestarios, pronósticos de cifras o econometría. Generalmente está basado en la historia de las cifras de la empresa y tiene en cuenta la historia de la industria también. Existen dos tipos de métodos cuantitativos de pronósticos

- Las series de tiempo: Se mira hacia el futuro sobre la base de lo que sucedió en el pasado.
- Pronóstico causal, técnica racional: Opera con la idea de que el futuro depende de una serie de factores que pueden afectarla en el presente.

#### **3.5.2.1. Pronósticos de series de tiempo**

Estos métodos en términos simples, son un análisis detallado de los patrones de los datos históricos existentes para así poder estimar la demanda futura. Una suposición básica de estos modelos de series de tiempo es que la demanda puede dividirse en componentes: (Shroeder, 2005).

- 1- La tendencia: Es el patrón básico de crecimiento o disminución de la serie a largo plazo. Señala que el nivel de la serie se desplaza en forma regular con movimientos suaves hacia arriba o hacia abajo a lo largo del tiempo. Se encuentra ajustando una recta o curva de regresión a la variable en cuestión.
- 2- La estacionalidad: Son fluctuaciones periódicas en una serie de tiempo, cuya frecuencia es menor a un año (semestre, trimestre, mensual, diaria, etc.), repitiéndose aproximadamente en las mismas fechas y con la misma intensidad. El componente temporal puede estar relacionado con factores climatológicos, fiestas o costumbres comerciales.
- 3- El ciclo: Se refiere al movimiento ondulado de la serie, a mediano plazo, que resulta de los cambios en la actividad económica y competitiva en general. Son, sin duda, oscilaciones de larga duración alrededor de la curva de tendencia, las cuales pueden o no ser periódicas, es decir, pueden o no seguir caminos análogos en intervalos de tiempo iguales. El componente cíclico es útil para los pronósticos a mediano plazo. No obstante, las fluctuaciones cíclicas son difíciles de pronosticar porque no se presentan de manera regular.
- 4- Ruido estadístico o movimientos erráticos o irregulares. Son movimientos esporádicos o de corto plazo que se deben a una infinidad de factores no

identificables, ocasionales o imprevisibles. Cada uno de estos afecta en pequeña medida a un efecto en la variable. Estos componentes, por definición son impredecibles y se deben eliminar de los datos pasados, a efecto de encontrar el comportamiento más normal de las series.

Cada uno de estos términos se calcularía a partir de los datos históricos para desarrollar una ecuación y pronosticar la demanda futura.

### 3.5.2.2. Promedios móviles

Corresponde al método más sencillo para pronosticar. Se selecciona un número de periodos (N) para los cálculos. La demanda promedio, para los periodos N anteriores en el momento  $t+1$  se calcula de la siguiente manera. Aquí no se supone la existencia de patrones estacionales, tendencias o ciclos en los datos sobre la demanda.

$$F_{t+1} = \frac{D_t + D_{t-1} + \dots + D_{t-N+1}}{N}$$

Donde:

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

$D_t$  = Demanda observada en el periodo  $t$

$N$  = Número de periodos.

Como regla general, mientras más prolongada sea el periodo que promedia, más lenta la respuesta a los cambios de la demanda. De esta manera, un periodo más largo tiene la ventaja de proporcionar estabilidad al pronóstico, pero la desventaja de responder más lentamente a las modificaciones reales en el nivel de demanda. (Shroeder, 2005)

Una manera de hacer que el promedio móvil responda con mayor rapidez a los cambios de la demanda, corresponde a asignar ponderaciones a los periodos. A esto se llama promedio móvil ponderado:

$$F_{t+1} = A_t = W_1 D_t + W_2 D_{t-1} + \dots + W_N D_{t-N+1}$$

Donde:

$$\sum_{i=1}^N W_i = 1 \quad (27)$$

### 3.5.2.3. Suavizamiento exponencial

Se fundamenta en la sencilla idea de dar mayor importancia a los datos históricos, donde es posible calcular un nuevo promedio a partir de otro antiguo y la demanda observada más reciente. De la siguiente manera:

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

Donde:

$D_t$  = Demanda real más reciente

$F_t$  = Pronostico más reciente

$\alpha$  = Constante de suavización ( $0 < \alpha < 1$ )

Otra manera de considerar el suavizamiento exponencial es reacomodando los términos

$$F_{t+1} = F_t + \alpha(D_t - F_t) \quad (28)$$

De esta forma indica que el nuevo pronóstico es el antiguo pronostico más una proporción del error entre la demanda observada y el antiguo pronostico [Shroeder, 2005].

### 3.5.2.4. Errores de pronóstico

Cuando se pronostica la demanda utilizando cualquier método cuantitativo, se debe hacer un cálculo del error de pronóstico, para así supervisar las observaciones erráticas o no representativas en la demanda, determinar si el método de pronóstico ya no está rastreando la demanda real, para determinar los valores de parámetros y para fijar inventarios de seguridad.

Existen cuatro formas distintas para lograr medir el error existente en el pronóstico [Shroeder, 2005].

$D_t$  = Demanda real más reciente

$F_t$  = Pronostico más reciente

$N$  = Número de periodos

- Suma acumulada de errores de pronóstico

$$CFE = \sum_{t=1}^n (D_t - F_t) \quad (29)$$

- Error cuadrático medio

$$MSE = \frac{1}{n} = \sum_{t=1}^n (D_t - F_t)^2 \quad (30)$$

- Desviación media absoluta en errores de pronóstico

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |D_t - F_t| \quad (31)$$

- Errores porcentuales de la media absoluta

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{D_t - F_t}{D_t} \right| * 100 \quad (32)$$

- Señal de rastreo

$$SS: \frac{SCEP}{MAD} \quad (33)$$

- $RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{n}}$

SCEP: Suma corriente de los errores pronosticados considerando la naturaleza del error

MAD: Promedio de todos los errores pronosticados. Es el promedio de las desviaciones absolutas

### 3.5.2.5. Test Durbin Watson

Es una prueba de contraste que permite evaluar la presencia de autocorrelación en modelos de regresión. Este contraste propone utilizar los residuos del modelo estimado para verificar la hipótesis de no autocorrelación frente a la hipótesis alterna de autocorrelación. [Ramón Mahia, 2010].

$$H_0: \rho_1 = 0$$

$$H_1: 0 < |\rho_1| < 1$$

El estadístico se presenta en la siguiente formula:

$$d = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2} \quad (34)$$

$e_t$  = residuo a tiempo t.

Para comprender los valores de autocorrelación positiva se realizan las siguientes transformaciones.

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

Cuando el tamaño de la muestra en grande se puede considerar que,

$$\sum_{t=2}^n e_t^2 \approx \sum_{t=2}^n e_{t-1}^2 \approx \sum_{t=1}^n e_t^2$$

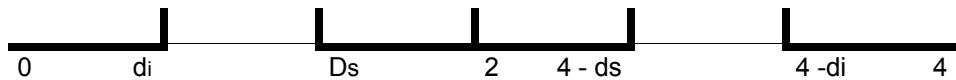
Y dado que el coeficiente estadístico de primer orden se calcula,

$$\hat{\rho} = \frac{\sum_{t=2}^n e_t e_{t-1}}{\sum_{t=1}^n e_t^2} \quad (35)$$

Entonces el estadístico se calcula con la siguiente fórmula,  $d \approx 2(1 - \hat{\rho})$ . De esta manera resulta más simple interpretar los valores límites del DW:

- En caso de autocorrelación máxima y positiva,  $\hat{\rho} = 1 \rightarrow d \approx 2(1 - 1) = 0$
- En caso de autocorrelación máxima y negativa,  $\hat{\rho} = -1 \rightarrow d \approx 2(1 - (-1)) = 4$
- En caso de que no exista autocorrelación,  $\hat{\rho} = 0 \rightarrow d \approx 2(1 - 0) = 2$

Ahora bien, para tomar una decisión, no basta con los valores extremos del estadístico. Es por ello que se recurre a la tabla de Durbin Watson, que permite establecer límites en relación a los valores presentados anteriormente. Estos límites se definen, Límite inferior ( $d_i$ ) y límite superior ( $d_s$ ).



Entonces sí,

- $0 < d < d_i$ , se rechaza  $H_0$  existe autocorrelación positiva.
- $4 - d_i < d < 4$ , se rechaza  $H_0$ , existe autocorrelación negativa.
- $d_s < d < 4 - d_s$ , no se rechaza  $H_0$ , no existe autocorrelación.
- $d_i < d < d_s$ , el contraste no es concluyente.
- $4 - d_i < d < 4 - d_s$ , el contraste no es concluyente.

## 4 Aplicación Metodología

La metodología que se presenta a continuación será la estructura para desarrollar el trabajo de título, con las herramientas y teorías definidas en el marco teórico. La siguiente planificación está compuesta por las siguientes etapas:

### 4.1. Análisis del comportamiento de los datos

#### 4.1.1. Clasificación ABC

La empresa actualmente no posee una clasificación de los artículos dentro de la bodega, estos solo están ordenados de acuerdo al código, lo cual facilita encontrar el artículo, pero no ayuda en el control de inventario. Por lo tanto, con la clasificación ABC se conocerá cuáles son los artículos que tienen mayor participación en las ventas, que generan mayor costo por almacenamiento y cuales tienen mayor rotación.

Para llevar a cabo el método ABC, se realizó el levantamiento de la información de los artículos que trabaja TMLUC; se extrajo la información necesaria para el análisis de la planilla Excel entregada por el departamento de planificación. Para el procesamiento, se eliminaron aquellos que no poseían ventas, o que a la fecha han dejado de producirse y se eliminaron aquellos que no pertenecen a las líneas de BIF, ejemplo las gelatinas y pastas. Se clasificaron los artículos del año 2016 y se calculó el análisis ABC por rotación.

Los productos se registran para calcular el porcentaje por artículo y por cantidad, luego se ordena la columna de porcentaje (cantidad) de mayor a menor, y se crean dos columnas para calcular el porcentaje acumulado por artículo y por cantidad.

Tabla 5: Clasificación categoría

Categorías	Productos	Cajas	% Participación
Categoría A	18	216.546	20,45%
Categoría B	26	312.798	29,55%
Categoría C	44	529.336	50%

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a eso, se han clasificado tres grupos.

Grupo A: representa a los 20,5% de los artículos

Grupo B: representa a los 29,5% de los artículos

Grupo C: representa a los 50% de los artículos

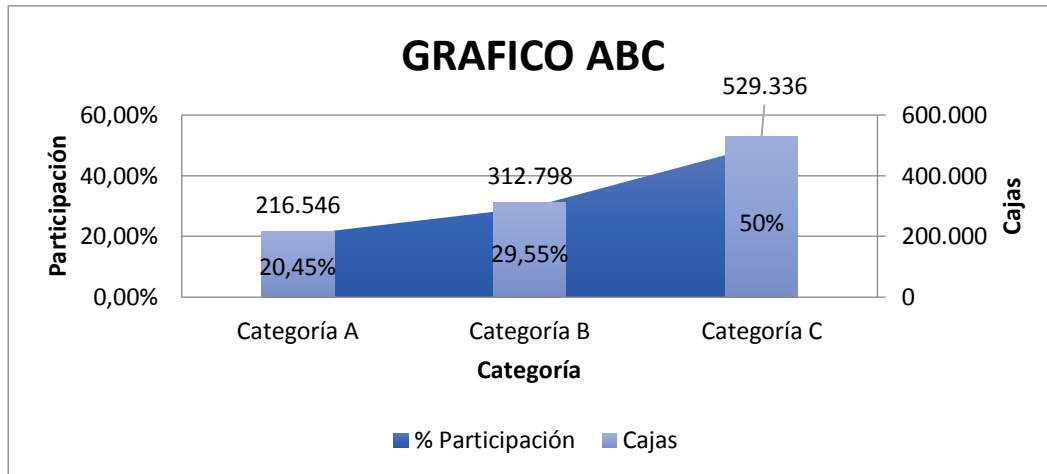


Gráfico 9: Grafico ABC por categorías

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al gráfico mostrado, la categoría A está conformada por el 20,5% de los productos que tiene TMLUC y que posee una participación del 59,2% de las unidades físicas que se venden, la categoría B corresponde al 29,5% de los productos que justifican el 32,2%. Por último, la categoría C la conforma el 50% de los productos y representan solo el 8,6% de las ventas en unidades físicas.

El inventario promedio mensual del año 2016 fue de un millón de cajas, es decir 6700 pallets de productos de BIF o BIF, los cuales fueron clasificados en tres categorías donde el 20,5% pertenece a artículos de categoría A y representan el 58,9% de los ingresos totales de la empresa y el 39,4% de los costos por almacenamiento. El 29,5% pertenecen a la categoría B que tienen un impacto en las ventas del 32,3% y representan el 31,3% de los costos por almacenamiento, por último, los artículos de la categoría C, el 50% solo representan el 8,8% de los ingresos y el 29,2% de los costos por almacenamiento. (Anexo D)

El elevado nivel de inventario tanto de productos de baja rotación como de alta rotación, está provocando que la empresa tenga que incurrir en el uso de bodega externa, lo que genera que pague 9 veces más de lo que paga por la bodega normal, también provoca que al mes más de 127 mil unidades físicas queden inutilizados para la venta, generando un costo por pérdida de 3 mil millones de pesos. Ambas consecuencias impactan en un 27,2%, de las ventas totales TMLUC.

Con este análisis se deduce que el grupo A merece mayor atención puesto que solo 18 productos abarcan alrededor del 60% de las unidades físicas que se venden al mes, lo que se puede traducir en mayores ventas, por otro lado, el Categoría C merece menor atención debido a que tan solo justifica el 8,6%. Ahora bien, puesto que solo se está analizando la variable rotación, es posible que al analizar la variable Costos, el grupo C tenga importancia debido a que representa el 50% de los productos utilizando mayor espacio de bodega provocando elevados costos de almacenamiento

Es por ello que se toma la decisión de utilizar el método de análisis ABC multicriterio, el cual se llevó a cabo bajo la metodología propuesta por Oscar Parada. G., puesto que esta metodología es flexible y adaptable a la empresa TMLUC. [Un enfoque multicriterio para la toma de decisiones en la gestión de inventario, Oscar Parada Gutiérrez]

Los pasos de la metodología son los siguientes

- Selección de parámetros para análisis ABC tradicional por cada artículo y construir la matriz correspondiente a las zonas de clasificación.
- Determinación de los factores de ponderación por zonas de clasificación, con el porcentaje obtenido para cada uno de los parámetros en el análisis ABC tradicional
- Definición de los intervalos, para asignar los códigos selectivos A, B y C.
- Asignación de la puntuación al vector definido para cada línea en la matriz zonas de clasificación, que determinará el código selectivo correspondiente.

#### **4.1.1.1. Aplicación modelo ABC multicriterio**

En la primera etapa de la metodología, se determinan cuáles son los parámetros que presentan mayor importancia en la administración de los inventarios. Estos parámetros son: Rotación (RT), Almacenamiento (A) y Venta (VT).

Una vez determinados los parámetros, se analizan los 88 productos y se realiza la clasificación ABC tradicional, los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Para calcular el código selectivo integral, primero se deben determinar los factores de ponderación para cada clasificación y según cada parámetro seleccionado, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 6: Clasificación factor ponderación

PARAMETRO	A	B	C
Rotación (RT)	59,2%	32,2%	8,6%
Almacenamiento (A)	39,2%	31,6%	29,2%
Venta (VT)	58,9%	32,3%	8,8%

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al estudio de Oscar Parada, existe una nomenclatura para referirse a los factores de ponderación de las zonas de clasificación.

En segundo lugar, se debe calcular la puntuación total (Pk) de cada producto, utilizando la fórmula (5) del capítulo III. Para comprender el cálculo de las fórmulas se tomará de ejemplo el producto 71462.

Vector = ABA

$$Pk = 59,2 + 31,3 + 58,9 = 149,4$$

Luego se debe formular la regla de decisión para asignar el código selectivo, definiendo de esta manera el valor mínimo y máximo que puede tomar el Pk, para cada producto. Se aplica la fórmula (6) y (7) del marco Teórico.

$$V_{max} = 59,2 + 39,4 + 58,9 = 157,6$$

$$V_{min} = 8,6 + 29,2 + 8,8 = 46,6$$

Vmax y Vmin definen un intervalo que se divide en tres clases para poder establecer el código selectivo integral. La amplitud de cada intervalo estará dada por la siguiente fórmula (8):

$$ACL = \frac{157,6 - 46,6}{3} = 37,2$$

Para asignar el código selectivo integral se desarrollan las reglas (9), (10) y (11), del capítulo III, mencionado anteriormente.

De acuerdo a estas condiciones los valores de los códigos selectivos integrales se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 7: Clasificación código selectivo

Código Selectivo	Intervalo
Integral A	$120,4 < Pk < 157,6$
Integral B	$83,2 < Pk < 120,4$
Integral C	$46 \leq Pk \leq 83,2$

Fuente: Elaboración propia

En el anexo D, se muestran los puntos (Pk) de cada producto con su respectivo código selectivo integral. De acuerdo a la metodología utilizada, los productos seleccionados en la categoría A son 18 productos, 25 productos de la categoría B y 45 productos de la categoría C.

Para determinar las demandas se toma como ejemplo los productos de la categoría A, los cuales se muestran en la tabla.

Tabla 8: Productos categoría A

Código	Descripción	Categoría
72601	ZK MEX S/D 96X15 NARANJA	A
72609	ZK MEX S/D 96X15 FRESA	A
72610	ZK MEX S/D 96X15 LIMON	A
72612	ZK MEX S/D 96X15 JAMAICA	A
72617	ZK MEX S/D 96X15 UVA	A
72637	ZUKO MEX S/D 96X15 NARANJADA CLASICA	A
72638	ZUKO MEX S/D 96X15 NARANJADA PIÑA	A
72640	ZUKO MX LIMONADA 96X15 CLASICA	A
72701	ZK MEX C/D 12(8X15) NARANJA	A
72708	ZK MEX C/D 12(8X15) MANGO	A
72709	ZK MEX C/D 12(8X15) FRESA	A
72710	ZK MEX C/D 12(8X15) LIMON	A
71462	ZK MEX S/D 96X15 TE NEGRO LIMON	A
72605	ZK MEX S/D 96X15 PIÑA	A
72608	ZK MEX S/D 96X15 MANGO	A
72705	ZK MEX C/D 12(8X15) PIÑA	A
72712	ZK MEX C/D 12(8X15) JAMAICA	A
72717	ZK MEX C/D 12(8X15) UVA	A

Fuente: Elaboración propia

## 4.2. Análisis de la demanda.

Como fue descrito en el capítulo 2.3. Formulación del problema, una de las causas del sobre stock, es la deficiente estimación de la demanda la cual es un punto clave en la gestión de inventario para Pulmón SIMAG. Por ello se propone determinar la demanda a través de una estimación de los datos históricos, considerando los componentes como tendencia, ciclos, estacionalidad, entre otros.

Para toda empresa que comercializa productos de consumo masivo es fundamental mantener un correcto control de inventario, para así otorgar al cliente un alto nivel de servicio y al mismo tiempo, ser eficiente en el uso de la bodega. En el caso de TMLUC, maneja 88 artículos, mensualmente almacena alrededor de 3000 pallets, lo que obliga a la empresa a tener una gestión de inventario acorde a la cantidad de productos y a sus características.

Antes de determinar el inventario adecuado para TMLUC., se deben analizar los datos de la demanda de los artículos. Para analizar el comportamiento de la demanda se consideró la demanda desde enero 2015 a diciembre. Analizar los datos permite conocer como procederán estos en el tiempo, y determinara a qué modelo pertenecen, Determinístico o Probabilístico.

- **Tendencia y Estacionalidad.**

Analizar el comportamiento de los datos, implica conocer si poseen tendencia y estacionalidad. Para determinar si los datos poseen estas componentes, se calcula el consumo mensual de todos los artículos desde el año 2015 al 2016. (Anexo C Gráfico 17).

Donde se observa que los datos no poseen una tendencia marcada por lo que los 88 productos fueron tabulados con su respectiva ecuación de la tendencia para confirmar lo que indica el grafico, donde se observa una relación inversa. En la siguiente tabla se observan los artículos de la categoría A.

Tabla 9: Ecuación de la tendencia: Categoría A

Código	Ecuación de la Tendencia	Código	Ecuación de la Tendencia
71462	$y = 0,0299x + 10251$	72638	$y = -21,589x + 12576$
72601	$y = -107,56x + 23088$	72640	$y = -21,589x + 12576$
72605	$y = -48,384x + 9575,5$	72701	$y = -135,61x + 22744$
72608	$y = -44,632x + 10650$	72705	$y = -72,54x + 10501$
72609	$y = -46,291x + 9160,1$	72708	$y = -59,981x + 9978,3$
72610	$y = -83,326x + 20110$	72709	$y = -69,461x + 10173$
72612	$y = -111,29x + 25654$	72710	$y = -80,767x + 13295$
72617	$y = -47,72x + 10347$	72712	$y = -135,03x + 23627$
72637	$y = -21,589x + 12576$	72717	$y = -52,331x + 9087,9$

Fuente: Elaboración Propia

Para determinar la estacionalidad se utilizó el programa Oracle Crystal Ball versión estudiantil. Se utiliza la categoría A, teniendo en cuenta que en ella se encuentran los artículos que generan mayor ingreso por venta y que además tienen mayor costo de almacenamiento que la categoría B o C.

Entonces para conocer si los datos poseen la componente estacionalidad, se toma el total del consumo de los productos de la categoría A y se analizan bajo la herramienta CB Predictor y la cual lleva a cabo el pronóstico a los 24 meses.

De acuerdo a los resultados entregados por el CB Predictor de Crystal Ball, de los 18 artículos de la categoría A, el 22% presentan estacionalidad. En la tabla 10 se aprecian cuáles son los artículos que tienen la componente y cuáles no.

Tabla 10: Productos con y sin estacionalidad del grupo A

Código	Descripción	Clasificación
72612	ZK MEX S/D 96X15 JAMAICA	No Estacional
72712	ZK MEX C/D 12(8X15) JAMAICA	No Estacional
72601	ZK MEX S/D 96X15 NARANJA	No Estacional
72701	ZK MEX C/D 12(8X15) NARANJA	No Estacional
72610	ZK MEX S/D 96X15 LIMON	No Estacional
72710	ZK MEX C/D 12(8X15) LIMON	No Estacional
72637	ZUKO MEX S/D 96X15 NARANJADA CLASICA	Estacional
72638	ZUKO MEX S/D 96X15 NARANJADA PIÑA	Estacional
72640	ZUKO MX LIMONADA 96X15 CLASICA	Estacional
71462	ZK MEX S/D 96X15 TE NEGRO LIMON	Estacional
72608	ZK MEX S/D 96X15 MANGO	No Estacional
72617	ZK MEX S/D 96X15 UVA	No Estacional
72705	ZK MEX C/D 12(8X15) PIÑA	No Estacional
72708	ZK MEX C/D 12(8X15) MANGO	No Estacional
72709	ZK MEX C/D 12(8X15) FRESA	No Estacional
72605	ZK MEX S/D 96X15 PIÑA	No Estacional
72609	ZK MEX S/D 96X15 FRESA	No Estacional
72717	ZK MEX C/D 12(8X15) UVA	No Estacional

Fuente: Elaboración Propia

Se aprecia que cuatro productos poseen la componente estacionalidad, esto quiere decir que en algunos periodos del año hubo mayor interés por estos artículos que en otros periodos, específicamente en la temporada de verano.

- **Lead Time**

Para llevar a cabo el modelo, se revisaron los productos a analizar y se determinó que los de la categoría A tienen un lead time de 1 a 2 días, los de la categoría B un lead time de 4 a 6 días y los de la categoría C, de 9 a 12 días. Para cada categoría se consideró en el peor de los casos, considerando 2, 6 y 12 días respectivamente.

#### 4.2.1. Análisis de coeficiente de variabilidad.

Para calcular el coeficiente de variabilidad se analizan las demandas mensuales de los artículos durante el año 2016 y se procede a realizar las operaciones para determinar el coeficiente. Se toma de ejemplo el artículo 71462 y se utiliza la fórmula 24, del capítulo III.

$$\bar{X} = \frac{5.502 + 9.214 + 9.426 + \dots + 4.974}{12} = 10.375$$

$$\text{DESVIACIÓN TIPICA} = \sigma = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{n}} \rightarrow \sigma = 3.080,3$$

$$\text{CV} = \frac{3.080,3}{10.375} = 0,34 * 100 = 30\%$$

El coeficiente de variabilidad del artículo 71462 es 34% por lo tanto se clasifica como Probabilístico.

La siguiente tabla muestra los artículos de la Categoría A y su clasificación Determinística o Probabilística.

Tabla 11: Análisis del coeficiente de variabilidad por producto categoría A.

Código	Clasificación
71462	Probabilístico
72601	Probabilístico
72605	Probabilístico
72608	Probabilístico
72609	Probabilístico
72610	Probabilístico
72612	Probabilístico
72617	Probabilístico
72637	Determinístico
72638	Determinístico
72640	Determinístico
72701	Probabilístico
72705	Probabilístico
72708	Probabilístico
72709	Probabilístico

72710	Probabilístico
72712	Probabilístico
72717	Probabilístico

---

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó el estudio de este coeficiente de variabilidad, como se puede observar en la tabla del anexo E, el 92% de los artículos de la demanda de la totalidad de los artículos, presenta un comportamiento probabilístico.

#### 4.2.2. Aplicación del método de pronóstico.

Cuando los artículos poseen un comportamiento probabilístico, se dice que la demanda no se conoce. Como TMLUC cuenta con datos históricos y posee una amplia cantidad de productos, es necesario estimar la demanda a pesar de su comportamiento.

Al mismo tiempo que el programa arroja los resultados de la componente mencionada anteriormente, entrega tres métodos para realizar el pronóstico.

Tabla 12: Métodos pronósticos

<b>MÉTODO</b>
Sarima
Arima
Suavizado exponencial simple

Fuente: Elaboración propia

Para encontrar el método de pronóstico que representará el comportamiento de los datos, se elige el método que tiene el error RMSE menor. Se utiliza este error puesto que, de acuerdo a lo explicado en el capítulo II, evita que se compensen los errores positivos con los negativos y es el que otorga mayor ponderación a los errores con mayor diferencia, lo que permite una mejor comparación de métodos.

Entonces una vez que se analizan los datos de los artículos, Crystal Ball, entrega una tabla donde se muestran todos los métodos posibles para llevar a cabo el pronóstico, indicando al mismo tiempo el valor del error RMSE y su indicado U de Theil, respectivamente, este último es un coeficiente de desigualdad que permite analizar si el modelo seleccionado es efectivo en la predicción o no, basándose en la diferencia cuadrática entre la variable real y la estimada. Mientras más cercano a 0 se encuentre el valor del U de Theil, más perfecta será la predicción. [Tomás Gálvez Martínez, Demand Planning & Sales Forecasting].

Tabla 13: Selección método productos no estacional

Código	Método	RMSE	U de Theil
71462	Promedio móvil doble	2.942	1,43
	<b>SARIMA(0,0,1)(0,1,1)</b>	<b>474</b>	<b>0,16</b>
	Suavizado exponencial simple	2.393	1,00
72601	<b>ARIMA(2,0,2)</b>	<b>2.622</b>	<b>0,49</b>
	Promedio móvil doble	6.185	1,29
	Suavizado exponencial simple	5.123	1,00
72605	<b>ARIMA(2,0,2)</b>	<b>1.060</b>	<b>0,49</b>
	Promedio móvil doble	2.541	1,29
	Suavizado exponencial simple	2.088	1,00
72608	<b>ARIMA(2,0,2)</b>	<b>1.255</b>	<b>0,48</b>
	Promedio móvil doble	2.888	1,30
	Suavizado exponencial simple	2.416	1,00
72609	<b>ARIMA(2,0,2)</b>	<b>1.023</b>	<b>0,46</b>
	Promedio móvil doble	2.431	1,29
	Suavizado exponencial simple	1.998	1,00
72610	<b>ARIMA(2,0,2)</b>	<b>2.402</b>	<b>0,45</b>
	Promedio móvil doble	5.460	1,30
	Suavizado exponencial simple	4.573	1,00
72612	<b>ARIMA(2,0,2)</b>	<b>3.206</b>	<b>0,55</b>
	Promedio móvil doble	6.929	1,30
	Suavizado exponencial simple	5.778	1,00
72617	<b>ARIMA(2,0,2)</b>	<b>1.179</b>	<b>0,49</b>
	Promedio móvil doble	2.775	1,30
	Suavizado exponencial simple	2.301	1,00
72637	Promedio móvil doble	1.307	1,21
	<b>SARIMA(2,0,2)(1,0,1)</b>	<b>514</b>	<b>0,51</b>
	Suavizado exponencial simple	991	1,00
72638	Promedio móvil doble	1.307	1,21
	<b>SARIMA(2,0,2)(1,0,1)</b>	<b>514</b>	<b>0,51</b>
	Suavizado exponencial simple	991	1,00
72640	Promedio móvil doble	1.307	1,21
	<b>SARIMA(2,0,2)(1,0,1)</b>	<b>514</b>	<b>0,51</b>
	Suavizado exponencial simple	991	1,00
72701	<b>ARIMA(2,0,1)</b>	<b>3.088</b>	<b>0,65</b>
	Promedio móvil doble	5.565	1,20
	Suavizado exponencial simple	4.816	1,00

72705	<b>ARIMA(2,0,1)</b>	<b>1.434</b>	<b>0,65</b>
	Promedio móvil doble	2.516	1,20
	Suavizado exponencial simple	2.201	1,00
72708	<b>ARIMA(2,0,1)</b>	<b>1.376</b>	<b>0,66</b>
	Promedio móvil doble	2.435	1,20
	Suavizado exponencial simple	2.130	1,00
72709	<b>ARIMA(2,0,1)</b>	<b>1.398</b>	<b>0,65</b>
	Promedio móvil doble	2.445	1,20
	Suavizado exponencial simple	2.144	1,00
72710	<b>ARIMA(2,0,1)</b>	<b>1.825</b>	<b>0,66</b>
	Promedio móvil doble	3.236	1,20
	Suavizado exponencial simple	2.826	1,00
72712	<b>ARIMA(2,0,1)</b>	<b>3.273</b>	<b>0,65</b>
	Promedio móvil doble	5.833	1,20
	Suavizado exponencial simple	5.089	1,00

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla, se presentan los códigos de los productos que conforman la categoría A de acuerdo al análisis ABC multicriterio, con los métodos de pronóstico propuestos por Crystal Ball, el valor del error RMSE y el indicador U de Theil.

Con los valores de los tres métodos propuestos, se selecciona aquel método que posee el menor error RMSE y se observa el indicador U de Theil, En este caso los métodos seleccionados son, Arima y Sarima.

Entonces, utilizando los métodos seleccionados en base al error RMSE, se calcula el pronóstico de los artículos para los próximos 12 meses. En la siguiente tabla se aprecian los 18 artículos de la categoría A con el pronóstico de 12 meses y luego la gráfica correspondiente en el orden de la tabla.

Tabla 14: Pronóstico demanda categoría A.

Código	Ene-17	Feb-17	Mar-17	Abr-17	May-17	Jun-17	Jul-17	Ago-17	Sept-17	Oct-17	Nov-17	Dic-17
72601	12.090	15.877	21.006	26.170	30.090	31.831	31.025	27.946	23.420	18.610	14.714	12.670
72609	4.588	6.372	8.719	10.958	12.470	12.855	12.040	10.286	8.110	6.129	4.889	4.713
72610	9.309	13.291	18.751	24.132	27.946	29.185	27.584	23.674	18.609	13.825	10.640	9.885
72612	14.182	17.664	22.487	27.561	31.769	34.217	34.420	32.399	28.657	24.063	19.643	16.359
72617	5.401	7.098	9.403	11.727	13.495	14.285	13.930	12.552	10.520	8.356	6.600	5.674
72637	10.363	13.337	12.679	11.891	13.196	13.443	13.294	13.339	12.710	12.242	10.632	10.550
72638	10.363	13.337	12.679	11.891	13.196	13.443	13.294	13.339	12.710	12.242	10.632	10.550
72640	10.363	13.337	12.679	11.891	13.196	13.443	13.294	13.339	12.710	12.242	10.632	10.550
72701	13.969	17.966	22.599	26.555	28.776	28.744	26.588	23.018	19.096	15.926	14.341	14.695
72708	6.126	7.893	9.932	11.667	12.633	12.607	11.648	10.074	8.352	6.965	6.280	6.446
72709	6.262	8.171	10.289	12.016	12.891	12.719	11.604	9.911	8.143	6.797	6.225	6.543
72710	8.162	10.521	13.239	15.547	16.828	16.785	15.502	13.399	11.103	9.259	8.350	8.578
71462	5.385	9.487	9.042	11.949	17.021	11.806	12.519	12.913	11.415	11.621	7.374	5.003
72605	5.152	6.715	8.794	10.858	12.396	13.040	12.656	11.368	9.522	7.591	6.057	5.289
72608	5.399	7.154	9.583	12.065	13.987	14.892	14.585	13.179	11.052	8.752	6.850	5.805
72705	6.464	8.439	10.626	12.405	13.302	13.116	11.958	10.206	8.380	6.994	6.408	6.743
72712	14.510	18.630	23.440	27.573	29.926	29.945	27.753	24.075	20.007	16.694	15.009	15.330
72717	5.576	7.173	9.030	10.620	11.519	11.517	10.663	9.241	7.674	6.403	5.763	5.895

Fuente: Elaboración Propia.

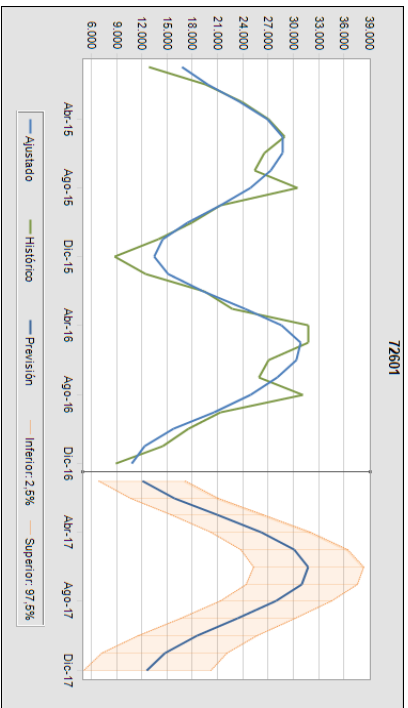


Gráfico 10: Pronóstico de la demanda producto 72601  
Fuente: Crystal Ball

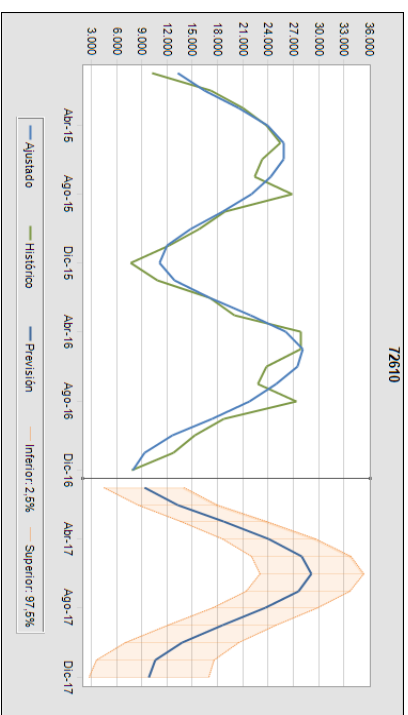


Gráfico 12: Pronóstico de la demanda producto 72610  
Fuente: Crystal Ball

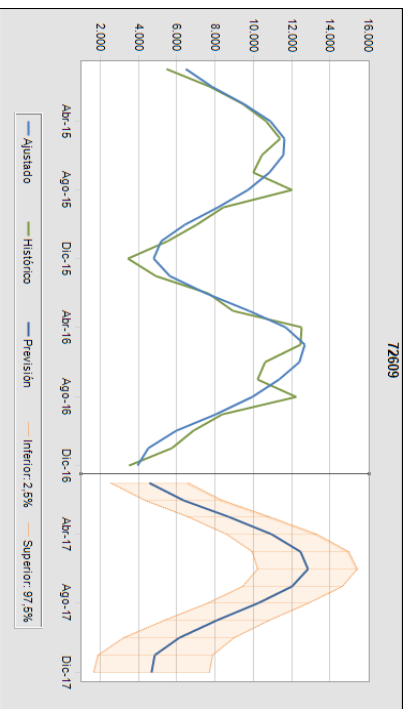


Gráfico 11: Pronóstico de la demanda producto 72609  
Fuente: Crystal Ball

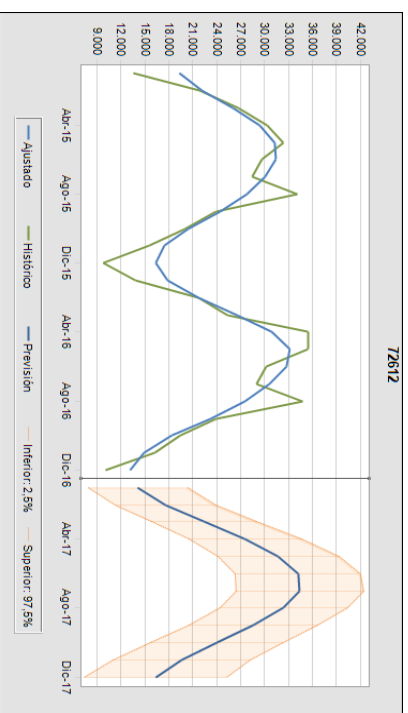


Gráfico 13: Pronóstico de la demanda producto 72612  
Fuente: Crystal Ball

Estos gráficos muestran el comportamiento de la demanda de los artículos seleccionados. En línea verde se muestra la demanda real del producto, o bien demanda histórica; la línea celeste indica la demanda ajustada generada automáticamente, finalmente la línea azul, representa la demanda pronosticada por los próximos 12 meses.

Hay que especificar que calcular el pronóstico de la demanda no es el objetivo general de este Trabajo de Titulo, pero forma parte importante del proceso para lograrlo, por lo que es necesario realizar un buen cálculo y elegir el mejor programa para que el resultado sea óptimo y correcto para el desarrollo del objetivo general del proyecto, debido a que como herramienta aporta para una correcta toma de decisión con respecto al ¿cómo?, ¿cuándo? y ¿cuánto pedir? En la aplicación del modelo de inventario, se utilizará la demanda pronosticada por obtener los resultados a comparar con las otras demandas. El pronóstico de los artículos de la categoría B y C se encuentran en el anexo F.

### 4.2.3. Validación del modelo de pronóstico

Para validar el metodo de pronostico, se utiliza la herramienta Durbin – Watson, la cual permite conocer si existe auto-correlación en el pronóstico entregado por el programa. La fórmula es la siguiente.

$$H_0: \rho_1 = 0$$

$$H_1: 0 < |\rho_1| < 1$$

Para llevar a cabo el test, se tomara como ejemplo un articulo de la categoria A, codigo 71462. En la siguiente tabla, se presentan sus residuos.

Tabla 15: Residuos producto 71462

Mes	Mes	Residuos
Enero	1	-159,712946
Febrero	2	373,556323
Marzo	3	-515,42042
Abril	4	-77,4553179
Mayo	5	1459,42094
Junio	6	224,949539
Julio	7	141,214091
Agosto	8	125,228815
Septiembre	9	-10,051832
Octubre	10	-149,298793
Noviembre	11	132,735286
Diciembre	12	52,0870779

Fuente: Elaboracion propia

Se utiliza la formula explicada anteriormente, (33). En la tabla 15, se muestra el calculos, de los errores, necesarios para determar d.

Tabla 16: Estadístico Durbin Watson.

Residuos	$e_t - e_{t-1}$	$(e_t - e_{t-1})^2$	$e_t^2$
-159,71			25.508,23
373,56	533,27	284.376,11	139.544,33
-515,42	-888,98	790.279,65	265.658,21
-77,46	437,97	191.813,43	5.999,33
1.459,42	1.536,88	2.361.988,65	2.129.909,49
224,95	-1.234,47	1.523.919,65	50.602,29
141,21	-83,74	7.011,63	19.941,42
125,23	-15,99	255,53	15.682,26
-10,05	-135,28	18.300,85	101,04
-149,30	-139,25	19.389,72	22.290,13
132,74	282,03	79.543,22	17.618,66
52,09	-80,65	6.504,13	2.713,06
	-52,09	2.713,06	-

Fuente: Elaboración propia

Obtenido el estadístico de contraste, se deben encontrar los niveles críticos, para ello se recurre a las tablas de Durbin Watson, [Damodar N. Gujarati, Dawn C. Porter, 2010].

Para encontrar los límites, se considera el valor de significación con el que se trabaja el cual es del 5%, (puesto que se ha decidido trabajar con un intervalo de confianza de un 95%) en la primera columna vertical se busca la cantidad de datos utilizados (n), para este trabajo fueron 88, finalmente se busca k, que es igual a la cantidad de regresiones excluido el termino independiente, (meses) para este caso fue 11.

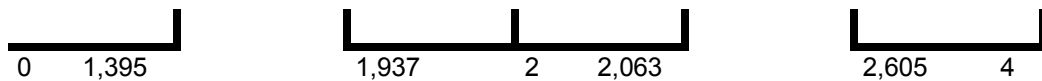
El valor a tomar en cuenta, era de  $n = 90$ , puesto que la cantidad de observaciones es 88.

Los valores para los limites son:

- $d_i = 1,395$
- $d_s = 1,937$

Entonces sí,

- $0 < d < d_i$ , se rechaza  $H_0$  existe auto-correlación positiva.
- $4 - d_i < d < 4$ , se rechaza  $H_0$ , existe auto-correlación negativa.
- $d_s < d < 4 - d_s$ , no se rechaza  $H_0$ , no existe auto-correlación.
- $d_i < d < d_s$ , el contraste no es concluyente.
- $4 - d_i < d < 4 - d_s$ , el contraste no es concluyente.



Resolviendo la fórmula 34, el valor  $d$  será:

$$d = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2} = \frac{5.286.096}{2.695.568} = 1,96$$

El resultado del estadístico está dentro del rango  $1,937 - 2 - 2,063$ , donde se asume que no posee auto-correlación, por lo tanto, es aleatorio e independiente. En la tabla 17 se muestran 20 productos con su respectivo indicador. Se observa que, del total de productos mostrados en la tabla, 13 códigos poseen auto correlación, y están dentro de la categoría A y B, los 7 restantes no poseen auto correlación ya que esta fuera de los límites mostrados anteriormente, estos últimos pertenecen a la categoría C.

Tabla 17: Indicador Durbin Watson

Código Producto	Indicador Durbin Watson
72608	1,97
72711	2
71461	1,96
71465	1,96
71062	1,38
72637	2,04
72707	2,01
71966	2,83
71968	2,85
71461	1,96
72709	2,01
72703	1,98

72704	1,99
72705	2
72743	1,97
72741	2
91721	2,02
91722	1,89
91723	1,88
91728	1,83
91727	1,5
Elaboración propia	

### 4.3. Propuesta modelo de inventario

Para mejorar el inventario existente actualmente en TMLUC, es necesario aplicar un nuevo modelo de inventario que se seleccionará en este capítulo.

#### 4.3.1. Selección modelo de inventario.

Como objetivo principal se encuentra el estudio y selección de un modelo de administración de inventario que permita entregar información sobre que artículo pedir, cuanto y cuando hacerlo.

En el Marco Teórico dispuesto en el capítulo III, se describieron modelos de administración de inventario que se aplican en diferentes situaciones para cada empresa. Para conocer cuál es el indicado para la bodega de TMLUC, en el capítulo V, se determinó los componentes de la demanda y el coeficiente de variabilidad, resultando que la demanda es independiente y que el 92% del total de los artículos (88) poseen un comportamiento probabilístico y el 8% restante presenta un comportamiento determinístico.

Bajo las características mencionadas anteriormente existen dos modelos de inventario a considerar,

- Modelo determinístico EOQ
- Modelo probabilístico
  - o De ciclo fijo y cantidad de ordenar variable (Revisión periódica o modelo P)
  - o De ciclo variable y cantidad de ordenar fija (Punto de reorden o modelo Q)

El modelo determinístico se aplicará para los artículos con el coeficiente de variabilidad menor a 0,2, donde se calculará la cantidad óptima.

Por otro lado, para el caso del modelo probabilístico, se recomienda utilizar el modelo P, ya que se adapta mejor para los artículos con coeficiente mayor a 0,2. Este modelo permitirá a los trabajadores realizar el pedido una vez al mes, llevarán un conteo para cada categoría, mejorando el control, disminuyendo los costos y el espacio de almacenamiento al no poseer grandes cantidades de producto sin rotar o con baja rotación y evitar quiebres de stock.

#### **4.3.1.1. Modelo probabilístico de ciclo fijo y cantidad a ordenar variable**

En este método los ciclos de abastecimiento están controlados por periodos preestablecidos. El tiempo entre pedido puede ser semanal, quincenal, mensual o cualquier otro ciclo, en el cual el inventario es revisado cada intervalo de tiempo fijos y se realiza la orden de pedido por el monto apropiado de productos respecto a cuanto pedir. Es decir, el tamaño de pedido varía con el comportamiento de la demanda.

La revisión periódica en comparación con el punto de reorden, ocasiona menores costos en tiempo y control, considerando que son 88 artículos, al utilizar el modelo Q se debe revisar constantemente los niveles de cada artículo, en cambio, el modelo de revisión periódica, permite que en los inventarios se revisen en ciertos puntos fijos en el tiempo, siempre antes de que se realice el pedido. Pero se debe tener presente, que esta ventaja ocasiona un mayor riesgo de faltante en el periodo, por lo que se hace necesario manejar un inventario de seguridad, que funcione como colchón a la hora de un cambio inesperado en la demanda.

Puesto que la limitante es el espacio que poseen para almacenar los artículos, se considerará un inventario objetivo para cada artículo, el cual indicará el máximo de productos que puede tener un artículo en el Pulmón. Se calculará el inventario de seguridad para asegurar que no existan quiebres de stock.

La fórmula a utilizar para calcular el inventario objetivo es la desarrollada en el Capítulo 3.4.2.2, fórmula (23).

Para el desarrollo del modelo, es importante que los datos históricos posean una distribución normal, para ello, con ayuda del programa Crystal Ball, se accede a la herramienta "Definir suposición", la cual entrega la distribución que poseen los datos de acuerdo al método seleccionado, Test Kolmogorov - Smimov. Se indica que los datos son continuos y luego se procede a ejecutar el análisis.

En Anexo H en la tabla 33A se observan los resultados del análisis de distribución, concluyendo que todos los productos de la categoría A presentan una distribución normal.

Para continuar el desarrollo del modelo P bajo la fórmula mencionada en el capítulo 3, se debe calcular desviaciones estándar, inventarios de seguridad, inventarios objetivos que se resumen en la siguiente tabla utilizando a modo de ejemplo un producto de la categoría A (71462).

Para comenzar a realizar los cálculos se debe definir  $z$ , como la cantidad de desviaciones estándar existentes para una probabilidad de nivel de servicio, y  $\sigma_{T+L}$ , que corresponde a la desviación estándar entre las revisiones (T) y el tiempo de entrega (L).

Para conocer el valor de  $Z$ , se debe indicar el nivel de servicio que la empresa quiere tener, el cual para este trabajo se acordó un nivel de servicio del 95%, al buscarlo en la tabla de distribución normal estándar, se determina que el valor de  $z=1,96$ .

Luego se calcula la desviación estándar de los artículos, la cual se muestra en la siguiente tabla 18. El cálculo de la desviación estándar se realiza a través de las fórmulas integradas que posee Excel, el cálculo de esta misma es necesaria para aplicar el modelo propuesto.

En anexo I, se encuentra la tabla con las desviaciones los artículos de la categoría A, B y C, junto a su media.

Una vez calculada la desviación y teniendo el valor de  $Z$ , es posible calcular el inventario de seguridad con la fórmula ya definida (19).

Ahora bien, teniendo en cuenta el pronóstico y el inventario de seguridad, se calcula inventario objetivo de cada artículo para cada mes, en la tabla resumen se observan los resultados del producto ejemplo. Como se aprecia en la tabla anterior, el inventario al igual que el stock de seguridad, aumenta a medida que se acercan a la temporada de verano, puesto que aumenta la demanda por el consumo de estos productos.

Al tener calculadas todas las variables de la fórmula, se procede a desarrollar el modelo. En la tabla 18, se encuentran los resultados del modelo para el artículo seleccionado, con su respectiva cantidad a pedir en el periodo correspondiente para los 12 meses (Producto 71642), dando como resultado un inventario corriente promedio de 4.199 cajas. Al comparar el inventario promedio actual 2016 con la propuesta 2017, se observa una disminución de un 71%, en la capacidad de las bodegas (pulmón y contingencia).

Tabla 18: Resumen cálculo de Q del producto 71462

Mes	Demanda (cajas)	Lead Time (días)	Desviación estándar	Inventario Inicial	Recepción Del Pedido	Inventario Corriente	Q	Inventario Objetivo	Stock Seguridad
Enero	5.385	2	1.645	11.882	-	6.496	2.473	8.969	3.225
Febrero	9.487	2	1.645	6.496	2.473	-518	13.861	13.344	3.225
Marzo	9.042	2	1.645	-518	13.861	4.302	8.567	12.869	3.225
Abril	11.949	2	1.645	4.302	8.567	920	15.051	15.970	3.225
Mayo	17.021	2	1.645	920	15.051	-1.051	22.431	21.380	3.225
Junio	11.806	2	1.645	-1.051	22.431	9.574	6.244	15.818	3.225
Julio	12.519	2	1.645	9.574	6.244	3.299	13.279	16.578	3.225
Agosto	12.913	2	1.645	3.299	13.279	3.665	13.334	16.999	3.225
Septiembre	11.415	2	1.645	3.665	13.334	5.584	9.816	15.400	3.225
Octubre	11.621	2	1.645	5.584	9.816	3.779	11.842	15.621	3.225
Noviembre	7.374	2	1.645	3.779	11.842	8.247	2.843	11.090	3.225
Diciembre	5.003	2	1.645	8.247	2.843	6.087	2.475	8.561	3.225

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.1.2. Modelo determinístico

El modelo determinístico a utilizar es el modelo EOQ, con una demanda variable e independiente, por lo que se considerará el punto de reorden.

Para desarrollar este modelo se utiliza la fórmula (16), expuesta en el capítulo II.

Dentro de la categoría A, existen tres productos que poseen una demanda determinística, por lo que este modelo se ejemplificará con uno de esos artículos. En el anexo J, se encuentran en una tabla los artículos de la categoría A, B, determinísticos.

Ejemplo producto categoría A 72637

D = 147.675 unidades/anual

S = \$690 por caja

i = 17,9% anual

C= \$540 por caja

Obteniendo un resultado de Q=1452 cajas

TMLUC debe crear ordenes de 1452 cajas, esto resulta en  $147.675/1452= 102$  ordenes al año, es decir 8,5 al mes.

Con un total de 12.342 cajas al año

## 4.4. Validación del modelo

Una vez desarrollado el modelo de inventario se procede a mostrar los resultados finales, lo que conlleva una comparación entre el modelo que utilizaban y los datos del modelo propuesto en el Trabajo de Título. Además, se realiza el costo beneficio de la propuesta.

### 4.4.1. Resultado del modelo

Hay que recordar que la empresa para calcular la cantidad a pedir, no posee una herramienta formal para realizar los pedidos, si no que se basan en el pronóstico propuesto por el departamento de planificación, el cual tampoco está desarrollado con una metodología si no que se ha calculado de acuerdo a los hechos históricos, la experiencia y el conocimiento de los trabajadores del departamento.

La propuesta de este trabajo conlleva a entregar un pronóstico, utilizando las variables de estacionalidad, tendencia y demanda histórica; clasificar los productos de acuerdo a su rotación, venta y costo por almacenamiento, y proponer y desarrollar un modelo de inventario para los productos con demanda probabilística y determinística, respectivamente.

Para comparar los modelos existentes, se utiliza el inventario promedio el cual permite analizar los resultados observando la cantidad de inventario en bodega del modelo actual en TMLUC en comparación a la propuesta en el mismo año.

En la tabla 19 se observan las comparaciones entre los resultados, por categoría para el año 2016. Se muestran los datos de todas las categorías incluyendo los artículos con demanda determinística y probabilística.

Tabla 19: Comparación de inventario 2016 con Modelo v/s 2016 sin Modelo (cajas).

	2016 con Modelo	2016 situación actual
Categoría A	162.607	364.165
Categoría B	149.998	284.926
Categoría C	190.596	409.580

Fuente: Elaboración propia

La primera columna muestra los resultados del modelo propuesto con los datos del 2016 y la segunda muestra la situación actual en ese año (sin Modelo). Aplicando el modelo en el periodo 2016, el inventario promedio total resulta ser 503.201 cajas en cambio con el

sistema actual es de 1.058.671 cajas, lo que concluye que el modelo propuesto tiene una disminución de un 52% en la cantidad de productos en bodega.

En relación a los quiebres, en la siguiente tabla se aprecia la cantidad de quiebres existentes en cada categoría.

Tabla 20: Comparación de quiebres (cajas)

	2016 con Modelo	Situación Actual	Propuesta de gestión inventario
Categoría A	18	0	3
Categoría B	22	0	0
Categoría C	36	0	0

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 20, se observa que, en la segunda columna, no existen quiebres debido a la elevada cantidad de productos en stock que mantienen en bodega. Ahora bien, al observar en la tercera columna que corresponde a los datos del Modelo de inventario en su totalidad solo existen 3 quiebres que corresponden a la categoría A en los meses de enero y mayo. En la primera columna se observa un aumento en los quiebres que corresponden a los meses de enero y mayo, meses en que la demanda comienza a aumentar. Los quiebres se dan en mayor cantidad en la categoría C, donde se encuentran los productos de baja rotación.

Analizando la propuesta en su totalidad, es decir con los datos proyectados para el 2017, se calcula el inventario promedio y se compara con los valores de la tabla 19.

Tabla 21: Comparación categorías en alternativas propuestas.

	2016 con Modelo	Situación Actual	Propuesta de gestión inventario
Categoría A	162.607	364.165	142.495
Categoría B	149.998	284.926	105.404
Categoría C	190.596	409.580	246.187

Fuente: Elaboración Propia

Se aprecia que al aplicar la propuesta los niveles de inventario han disminuido en sus tres categorías al compararlos con el año 2016 sin Modelo. Por otro lado, al compararlos con el mismo año, pero aplicando el modelo, dos de las tres categorías han disminuido su inventario promedio. En esta última comparación la categoría C presenta un aumento de un 29%.

## 4.4.2. Evaluación Económica

### 4.4.2.1. Análisis Costo – Beneficio

Al analizar el modelo propuesto considerando los costos asociados, se debe recordar que TMLUC presenta un sobre stock de productos en bodega lo que provoca que deben utilizar una bodega de contingencia para poder almacenar los artículos, generando costos adicionales para la empresa.

Para llevar a cabo la evaluación, se ha decidido comparar los beneficios y los costos que traerá implementar la propuesta en la empresa, y luego compararla con la situación actual.

Tabla 22: Costo Modelo actual CLP

Ítem	Costos
\$ por almacenamiento	6.383.402.226
\$ por obsolescencia	3.506.319.177
Costo Quiebre	0

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 22, los costos que posee la situación actual de la empresa son costos por almacenamiento y obsolescencia, costos por quiebre no existen, debido a que el nivel de productos en bodega es mayor que las cantidades demandadas, provocando que se genere sobrestock en la bodega y por ende mayores costos de almacenamiento.

Tabla 23: Costos Modelo Inventario (CLP)

Ítem	Costos
\$ por almacenamiento	2.317.896.310
\$ por obsolescencia	1.636.413.262
Costo Quiebre	16.747.167
Compra Software	659.080
Capacitación	950.500

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 23, con la implementación de la propuesta se añade como costo, el costo por quiebre, por la compra del software que se utiliza para realizar el pronóstico y el costo por capacitación, el cual es necesario incurrir, ya que se debe preparar a los trabajadores que utilizaran el software y a los que están en bodega quienes aplicaran la propuesta de inventario.

Los beneficios que trae consigo la propuesta se encuentra la disminución de los costos por almacenamiento y obsolescencia, los cuales se reducen en un 64% y 53%, respectivamente.

En relación a los ingresos, al realizar el pronóstico para el año 2017 se observa una disminución en las ventas que comparándolas con el año 2016, disminuyen en un 1,2%.

Tabla 24: Relación costo - beneficio

	Costos	Beneficios	Relación B/C
Modelo propuesto	3.972.666.319	33.606.461.036	8,46

Fuente: Elaboración propia

La siguiente tabla, se muestra la relación entre el costo y beneficio aplicando la propuesta de gestión de inventario. El índice es mayor a 1, lo que indicaría que la propuesta es rentable para la empresa

## 5 Conclusiones

Al finalizar el trabajo de título, se puede concluir que en una empresa donde existe una amplia gama de productos, es importante realizar una adecuada gestión de inventario, aplicando el modelo acorde a sus requerimientos y necesidades lo que contribuye a mejorar la eficiencia de la bodega.

Los beneficios obtenidos se detallan a continuación

- Gracias al análisis de la situación actual, se encontró la oportunidad de resolver el problema de sobre stock que ocurría en la bodega de almacenamiento, lo que permitió disminuir los costos por almacenamiento y pérdida.
- Los costos totales disminuyen en un 63%, correspondiendo a un ahorro de más de \$6.000 millones al año.
- Los costos por pérdida disminuyen en más de 1.500 millones, lo que en volumen serían 800 mil cajas menos que se pierden.
- Se logra la disminución en un 53% de los artículos almacenados en bodega, disminuyendo así el sobre stock a lo largo del año 2017.
- Con la clasificación ABC, se determinó que el 59,2% de los productos físicos en bodega se ubicaran en la categoría A, mientras que una 32,2% se ubican en la categoría B y por último el 8,6% en la categoría C. Esto también concluye que el 50% de los productos en bodega son de baja rotación pertenecientes a la categoría C.
- Con el cálculo del inventario de seguridad e inventario objetivo se otorga un mayor orden y control al momento de realizar un pedido, ya que se tiene certeza de “cuánto” y “cuándo” se podrá realizar el pedido logrando una mejor organización dentro de la empresa.
- La implementación del modelo brinda una mayor protección ante variaciones de la demanda con la implementación de un inventario de seguridad, lo que requiere tener en bodega más de 1.500.000 cajas anualmente.
- La propuesta entregada en este trabajo, es viable en su aplicación ya que le entrega a la empresa herramientas para el manejo de la gestión de inventarios, mostrando una metodología a seguir que le permitirá generar beneficios económicos y administrativos.

## Recomendaciones

- Llevar a cabo la propuesta utilizando las herramientas mencionadas en el trabajo de título, de tal manera que se logre una implementación del modelo de inventario en las bodegas de almacenamiento que permita la disminución en los costos.
- Con la implementación de la clasificación ABC es recomendable utilizarla también para el orden de los productos dentro de la bodega, es decir ordenar de tal manera que los productos que presenten una mayor rotación se encuentren cerca de la entrada y salida de la bodega, para así realizar un trabajo más rápido por parte de los bodegueros al momento de realizar una entrega.
- Hacer uso del software Oracle Crystal Ball, para realizar el pronóstico de la demanda y obtener la información para desarrollar el modelo propuesto.
- Asegurar de llevar a cabo las revisiones de inventario durante el tiempo que corresponde, cada 5 días, y así evitar quiebres de stock por error humano.
- Asegurar que los trabajadores reciban la capacitación necesaria para aprender a utilizar el software y a aplicar el modelo en la bodega.

## 6 Bibliografía

Berenson, Mark L., Levine, David M., Krehbiel, Timothy C., [2006]. Estadística para administración. México: Pearson Educación.

Charles Lamb, Joseph Hair y Carl McDaniel, [2002]

Chase, R. & Aquilano, [2009]: Dirección y administración de la Producción y de las operaciones, Editorial IRWIN, Barcelona.

Damodar N. Gujarati, Dawn C. Porter, [2010] Econometría, Editorial McGraw Hill, México.

Eppan G.D., Gould F.J., Schmidt C.P., Moore J. H., Weatherford L. R., [2000]: Investigación de operaciones en la ciencia administrativa, Prentice – Hall, México.

Grupo Nutresa. [2015]: Informe Integrado 2015.

Manuel Quesada Pegalajar, Trabajo Fin de Master, Análisis de series. Modelos Heterocedásticos.

Narasimhan, S [1996]: Planeación de la producción y control de inventarios, Editorial. Prentice Hall, México.

Noori, H., Radford, R. [1997]: Administración de Operaciones y Producción: Calidad total y respuesta sensible rápida, Mc Graw Hill, Colombia.

Oscar Parada Gutiérrez [2009], Un enfoque multicriterio para la toma de decisiones en la gestión de inventarios

Ramón Mahía, Conceptos básicos sobre la autocorrelación en el modelo básico de regresión lineal, [2010]. Sitio web:

Richard B. Chase, F. Robert Jacobs, Nicholas J. Aquilano. [2009], Administración de Operaciones. Producción y cadena de suministros. Duodécima edición, McGraw – Hill, México.

Ronald H. Ballou. [2004]. Logística. Administración de la cadena de suministro. México: Pearson.

Schroeder, R. [1992]: Administración de operaciones, toma de decisiones en la función de operaciones, Editorial Mc Graw Hill, México.

TMLUC. [2001]. Una historia con sabor. 02 febrero 2016, de Lucchetti Sitio web: <http://www.lucchetti.cl/lucchetti>

Tomás Gálvez Martínez, ¿Cómo medir la precisión de los pronósticos? Sitio web: <https://www.celogis.com/ebooks/>

Valero A. [2006]: Nivel de Servicio e Inventario de Seguridad. Octubre 2006, de Education, Training & Consulting, Sitio web: [http://www.etc.org.mx/esp/sec\\_6/seguridad.pdf](http://www.etc.org.mx/esp/sec_6/seguridad.pdf).

## 7 Anexos

### Anexo A: Plantas productivas

Tabla 25: Detalla planta productiva en Chile

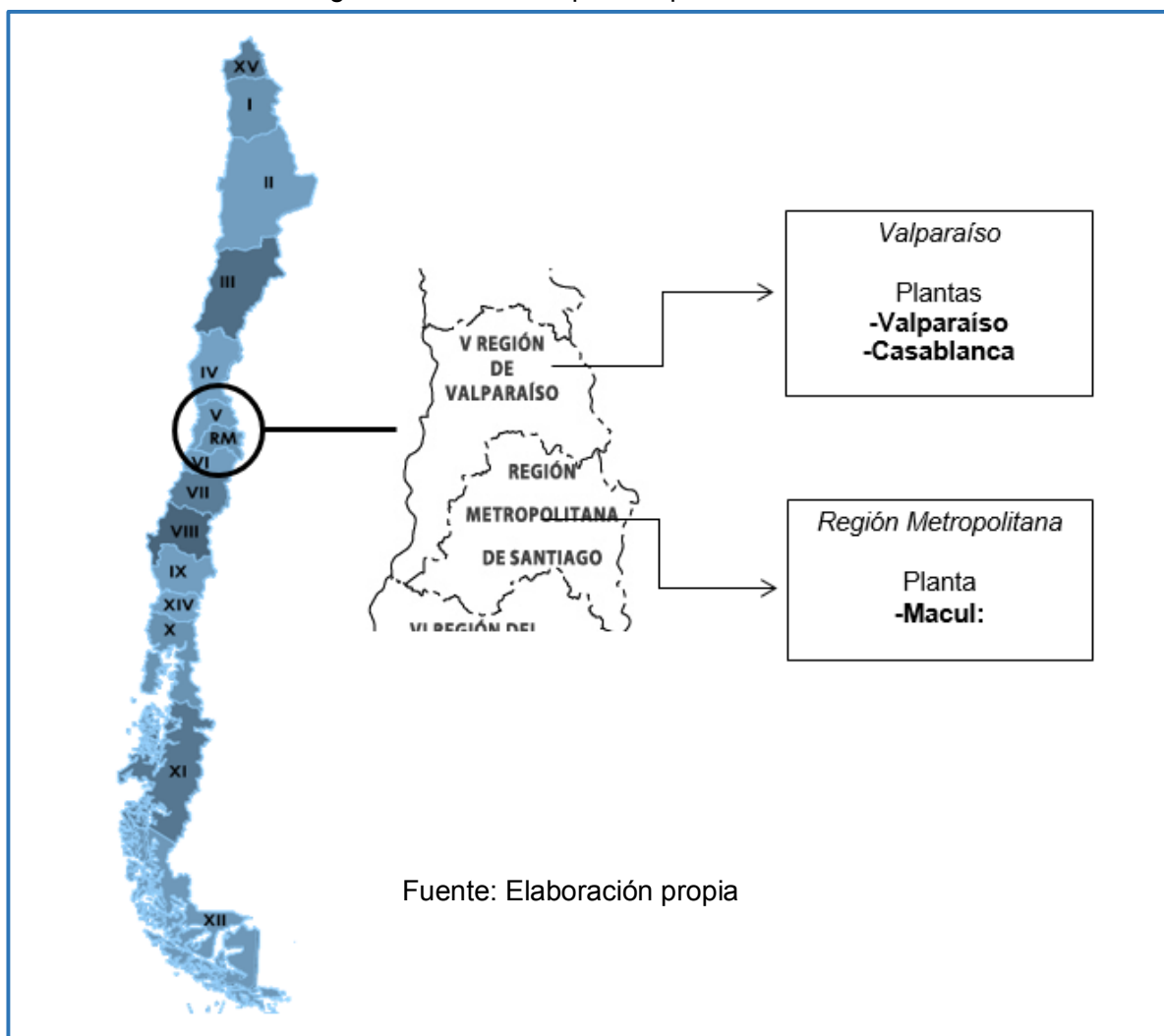
CIUDAD	PLANTA	DIRECCIÓN
VALPARAÍSO	Planta Café	Freire Esquina Rodríguez N°240, Valparaíso. Región de Valparaíso Teléfono: (32-2767400)
VALPARAÍSO	Planta de BIF Planta de Deshidratados	Yungay N° 2104, Valparaíso Región de Valparaíso Teléfono: (32-2767400)
CASABLANCA	Planta de Té Planta de Jugos Líquidos Planta de Snacks Planta de Salsa de Tomates Planta de Galletas Planta de elaboración tarros Snacks	Diego Portales 1888, Casablanca Región de Valparaíso Teléfono: (32-2767700)
SANTIAGO	Planta de Pastas Molino	Av. Vicuña Mackenna N° 2600, Comuna de Macul, Santiago Región Metropolitana Teléfono: (2-5865800)

Fuente: Elaboración propia

## 1. Ubicación plantas productivas en Chile.

Se presentan geográficamente las plantas productivas que actualmente tiene la empresa. Estas plantas están concentradas en la Región Metropolitana y Región de Valparaíso; esta última con dos complejos productivos.

Figura 10: Ubicación plantas productivas en Chile



## Anexo B: Entrevista

### 1. Entrevistas

- Cuál es el problema que están teniendo con el inventario.
  - Se pide una optimización del modelo de inventario, puesto que el modelo actual está funcionando igual desde hace más de 10 años, situación que no debería estar ocurriendo. No se sabe si existe problemas con el sobre stock, puesto que no existe limitación en el espacio de los centros de distribución, si se conoce cuando el pulmón no da abasto, debido a que los productos terminados se derivan directamente a un centro de contingencia. Esto está generando aumento en los costos, no se conoce la cantidad, pero teniendo en cuenta que se habla del uso de un centro (contingencia) con disponibilidad inmediata, se asume un costo elevado.
  - Los Centros de distribución, no almacenan solo producto de TMLUC., si no que como la empresa pertenece al grupo Nutressa, utiliza el espacio con el resto de productos ofrecidos por Nutressa.
  - Utiliza operadores logísticos para el traslado de los productos.
- Para conocer cuanta cantidad deben producir, como calculan la demanda, en base a que herramientas.
  - La demanda es proyectada por el área comercial de TMLUC., con esta demanda el departamento de planificación, programa la producción ejecuta las herramientas para el abastecimiento de los materiales y la distribución de los requerimientos de la producción.
  - Las herramientas que utilizan, como departamento de planificación no son conocidas, se sabe que lo hacen utilizando el programa de Excel.
- ¿Cómo son las unidades que se venden?, es decir, ¿Qué es un Display, su peso, sus dimensiones etc.?
  - Un display son ocho bolsas de jugo, es decir, 8 sobres son polvo instantáneo para jugo. 12 display, conforman una caja, y 200 un pallet, idealmente. Cada sobre tiene un peso de 15grs. Pero pueden variar.
  - Al cliente final, el producto o display es entregado de dos formas, una con display y otra sin display. Con display es para negocios locales, es decir, el

típico y tradicional negocio de barrio, o minimarket. El producto sin display o S/D, es entregado a los supermercados, o walmart, ya que ellos cuentan con unos estantes donde cabe la caja de los 96 sobre de jugo.

- TMLUC., no solo vende jugo Zuko, si no que otros productos como pastas, café, snack, etc.
  - TMLUC., en Chile tiene una alta variedad de productos, no así en México, donde solo se produce pastas y BIF, o también pueden ser TE, o gelatinas.
  - Pero para este trabajo, solo utilizaremos los datos de las BIF puesto que son las que abarcan un mayor mercado, se deja a un lado las gelatinas y pastas.
  
- Los productos de TMLUC., o para más adelante TMLUC., son vendidos a nivel nacional e internacional. Cuáles son los países internacionales.
  - Estados unidos, a Europa, Argentina, Perú, etc. pero este estudio se concentra solo en las ventas nacionales, no se tomará en cuenta los productos que son exportados.

**Anexo C: Análisis ABC Tradicional Variables**

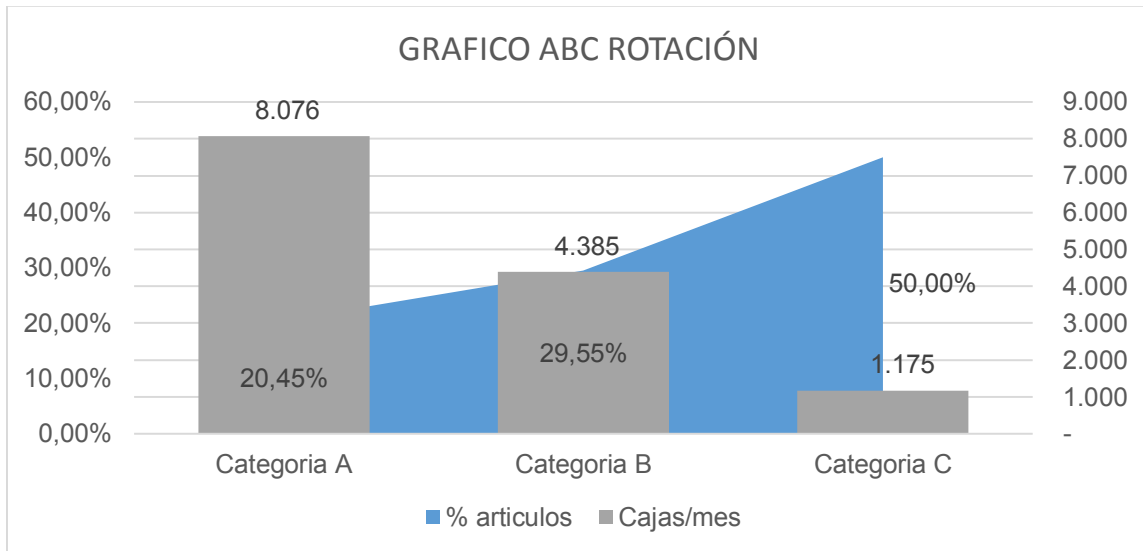


Gráfico 14: Variable rotación ABC  
Fuente: Elaboración propia

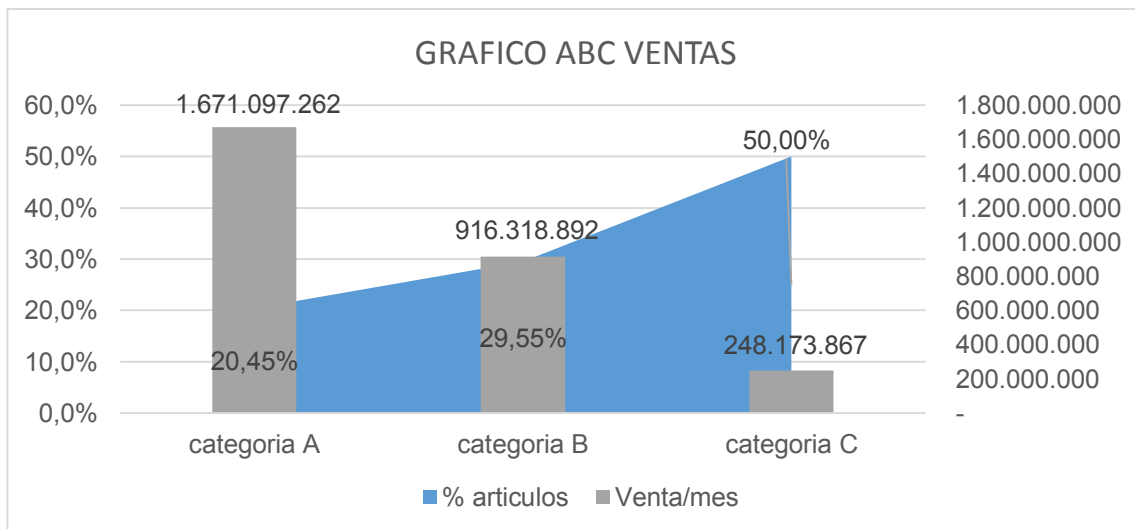


Gráfico 15: Variable ventas ABC  
Fuente: Elaboración Propia

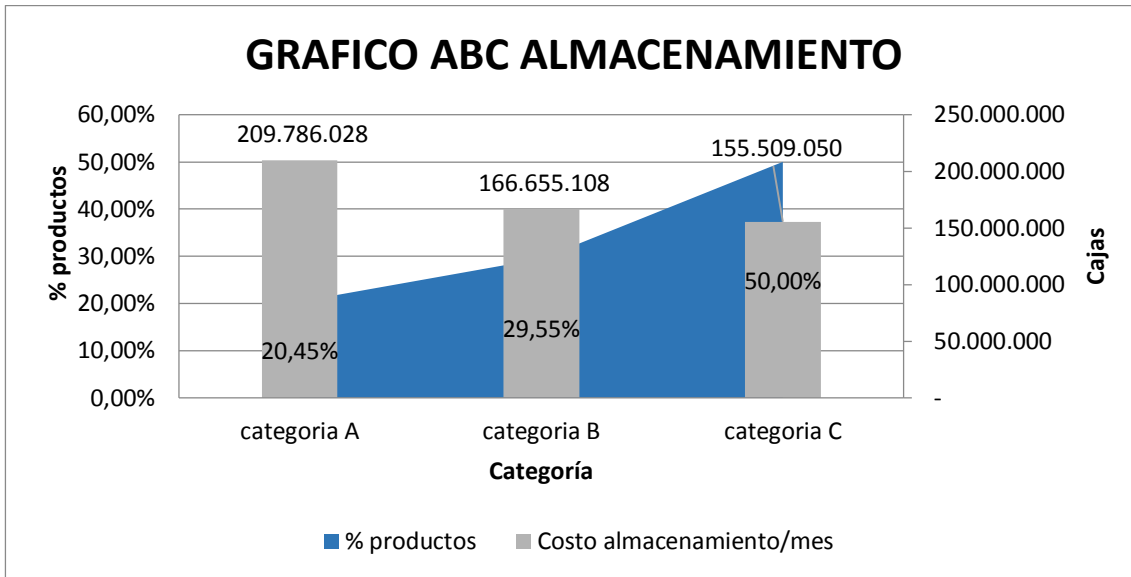


Gráfico 16: Variable almacenamiento ABC  
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26: Consumo Histórico mensual 2015: Categoría A

Código	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
71462	5.836	8.442	10.514	12.052	13.055	11.501	12.183	12.604	11.468	12.023	6.984	4.875
72601	12.887	19.554	23.966	27.123	29.026	26.521	25.454	30.555	21.427	17.945	13.984	8.798
72605	5.718	8.052	9.868	11.169	11.952	10.922	10.479	12.582	8.824	7.389	5.759	3.623
72608	5.459	9.095	11.148	12.617	13.502	12.336	11.839	14.215	9.968	8.346	6.504	4.092
72609	5.470	7.702	9.440	10.684	11.433	10.447	10.027	12.038	8.441	7.068	5.508	3.467
72610	10.208	17.190	21.068	23.844	25.516	23.313	22.375	26.861	18.839	15.773	12.294	7.735
72612	13.519	21.851	26.782	30.310	32.436	29.638	28.443	34.146	23.946	20.053	15.629	9.834
72617	5.729	8.770	10.749	12.165	13.018	11.895	11.415	13.704	9.611	8.047	6.273	3.945
72637	11.391	12.127	12.694	13.093	13.324	13.068	12.920	12.623	12.764	12.145	10.889	10.048
72638	11.391	12.127	12.694	13.093	13.324	13.068	12.920	12.623	12.764	12.145	10.889	10.048
72640	11.391	12.127	12.694	13.093	13.324	13.068	12.920	12.623	12.764	12.145	10.889	10.048
72701	12.545	22.292	25.089	26.935	27.830	27.320	19.936	23.284	19.085	14.886	13.659	11.575
72705	5.538	10.156	11.357	12.141	12.507	12.866	9.389	10.964	8.987	7.010	6.432	5.451
72708	5.321	9.898	11.068	11.831	12.188	11.942	8.713	10.177	8.343	6.507	5.970	5.061
72709	5.283	9.854	11.020	11.780	12.136	12.485	9.109	10.639	8.720	6.802	6.241	5.289
72710	7.174	13.173	14.730	15.746	16.221	15.893	11.597	13.544	11.100	8.659	7.946	6.735
72712	12.394	23.290	26.197	28.113	29.040	28.504	20.799	24.289	19.911	15.531	14.251	12.077
72717	4.612	9.056	10.127	10.826	11.153	10.926	7.974	9.314	7.633	5.955	5.465	4.630

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 27: Consumo Histórico mensual 2016: Categoría A

Código	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
71462	5.502	9.214	9.426	11.976	15.985	11.727	12.431	12.832	11.429	11.727	7.272	4.974
72601	12.445	19.446	22.710	31.775	31.717	27.040	25.970	31.110	21.353	17.501	14.561	8.976
72605	5.124	8.008	9.352	13.084	13.059	11.135	10.693	12.812	8.795	7.206	5.995	3.697
72608	5.790	9.043	10.565	14.780	14.754	12.578	12.082	14.473	9.933	8.141	6.773	4.178
72609	4.901	7.661	8.945	12.516	12.494	10.651	10.231	12.255	8.409	6.894	5.737	3.537
72610	10.942	17.094	19.964	27.932	27.882	23.773	22.831	27.349	18.771	15.384	12.802	7.892
72612	13.909	21.729	25.379	35.508	35.445	30.219	29.024	34.767	23.863	19.557	16.275	10.034
72617	5.582	8.722	10.186	14.250	14.225	12.129	11.648	13.953	9.579	7.848	6.533	4.025
72637	11.222	11.104	14.491	13.608	12.316	13.325	13.183	12.852	12.718	11.844	11.340	10.254
72638	11.222	11.104	14.491	13.608	12.316	13.325	13.183	12.852	12.718	11.844	11.340	10.254
72640	11.222	11.104	14.491	13.608	12.316	13.325	13.183	12.852	12.718	11.844	11.340	10.254
72701	11.684	23.118	29.860	33.188	31.416	27.856	20.344	23.707	19.017	14.516	14.225	11.812
72705	5.411	10.710	13.393	14.885	14.089	12.494	9.123	10.632	8.529	6.511	6.379	5.297
72708	5.274	10.436	13.051	14.507	13.732	12.175	8.890	10.360	8.313	6.346	6.218	5.163
72709	5.250	10.391	12.993	14.443	13.672	12.124	8.852	10.316	8.276	6.319	6.190	5.139
72710	7.020	13.889	17.371	19.307	18.274	16.203	11.832	13.789	11.062	8.445	8.275	6.872
72712	12.225	24.191	31.152	34.627	32.776	29.062	21.223	24.732	19.841	15.148	14.841	12.323
72717	4.823	9.551	11.941	13.275	12.564	11.140	8.135	9.482	7.607	5.807	5.691	4.722

Fuente: Elaboración Propia

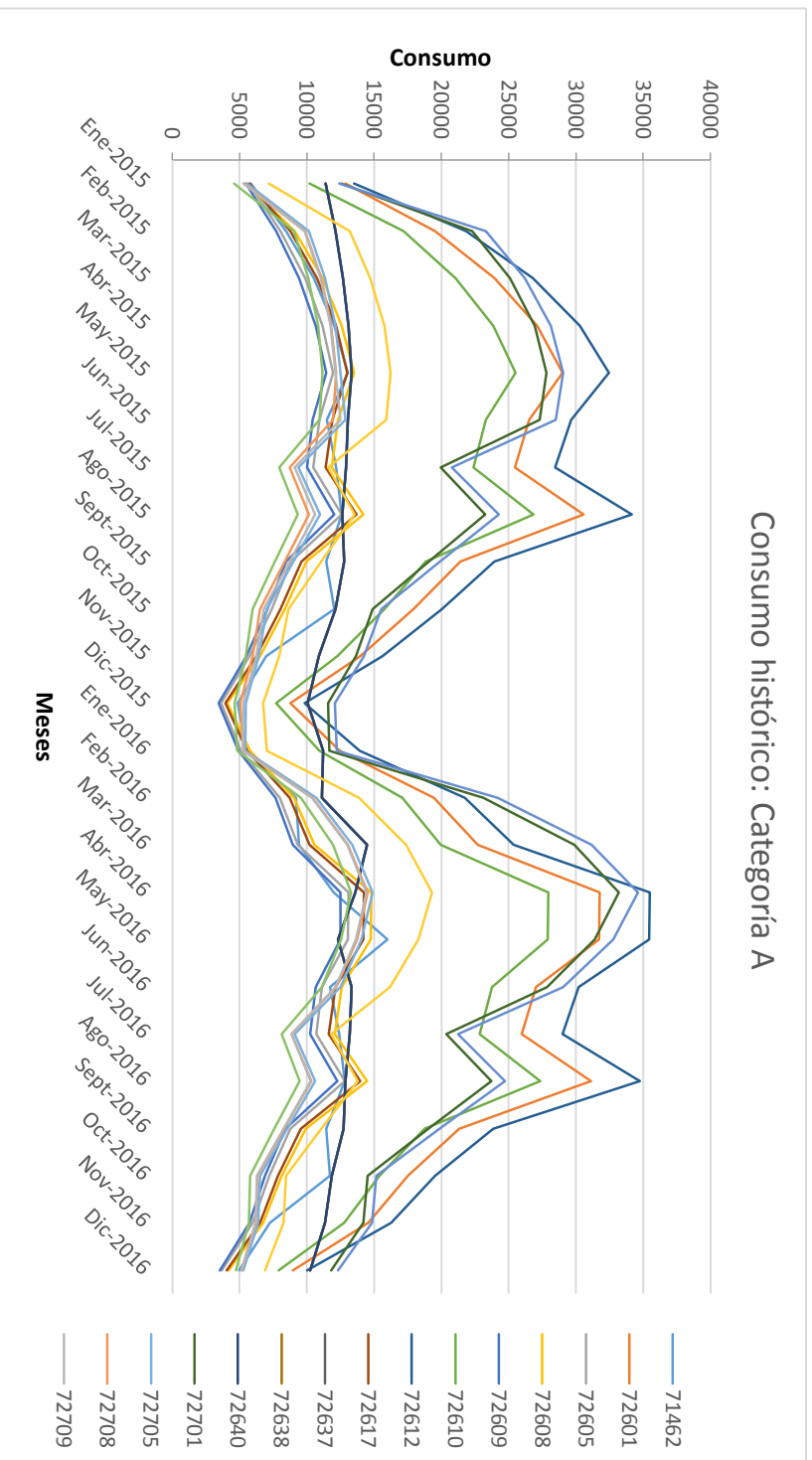


Gráfico 17: Consumo Histórico categoría A  
Fuente: Elaboración propia

## Anexo D: Análisis ABC Multicriterio

Tabla 28: Códigos de artículos con su PK respectivo y código selectivo integral.

Código producto	PK	Código Selectivo Integral	Código producto	PK	Código Selectivo Integral	Código producto	PK	Código Selectivo Integral
72602	101,7	B	71463	74,6	C	71490	46,5	C
72613	101,7	B	72742	70,1	C	71964	46,5	C
71077	98,1	B	71064	54,6	C	71965	46,5	C
71461	98,1	B	72614	54,6	C	71966	46,5	C
71962	98,1	B	72615	54,6	C	71967	46,5	C
72603	98,1	B	72620	54,6	C	71968	46,5	C
72604	98,1	B	91622	54,6	C	72715	46,5	C
72607	98,1	B	71061	51	C	91621	46,5	C
72611	98,1	B	71063	51	C	91623	46,5	C
72616	98,1	B	71069	51	C	91624	46,5	C
72619	98,1	B	71071	51	C	91626	46,5	C
72702	98,1	B	71466	51	C	91627	46,5	C
72703	98,1	B	71961	51	C	91628	46,5	C
72704	98,1	B	71963	51	C	91721	46,5	C
72707	98,1	B	71062	46,5	C	91722	46,5	C
72711	98,1	B	71065	46,5	C	91723	46,5	C
72713	93,6	B	71066	46,5	C	91724	46,5	C
72714	93,6	B	71067	46,5	C	91726	46,5	C
72716	93,6	B	71068	46,5	C	91727	46,5	C
72719	93,6	B	71074	46,5	C	91728	46,5	C
72737	93,6	B	71076	46,5	C			
72738	93,6	B	71464	46,5	C			
72740	93,6	B	71465	46,5	C			
72741	93,6	B	71467	46,5	C			
72743	93,6	B	71468	46,5	C			

Fuente: Elaboración Propia

## Anexo E: Demanda

Tabla 29: Componentes de la demanda total productos

Código	Tendencia	Categoría	Demanda '16	Estacionalidad
71061	$y = -2,3861x + 1261,1$	C	14.799	Estacional
71062	$y = -1,0751x + 576,99$	C	6.771	Estacional
71063	$y = -1,6631x + 880,33$	C	10.331	Estacional
71064	$y = -0,4834x + 246,96$	C	2.893	Estacional
71065	$y = -1,0838x + 569,49$	C	6.682	Estacional
71066	$y = -1,1672x + 622,17$	C	7.302	Estacional
71067	$y = -0,6281x + 339,67$	C	3.986	No Estacional
71068	$y = -0,6764x + 330,19$	C	3.864	Estacional
71069	$y = -3,4607x + 1825,6$	C	21.422	Estacional
71071	$y = -2,8608x + 1523,3$	C	17.880	Estacional
71074	$y = -0,7607x + 392,83$	C	4.606	Estacional
71076	$y = -2,5745x + 1372,9$	C	16.114	Estacional
71077	$y = 5,5126x + 3258,3$	B	40.368	Estacional
71461	$y = -0,0016x + 3091,9$	B	37.548	Estacional
71463	$y = -0,0079x + 2863,2$	C	34.770	Estacional
71464	$y = 0,0092x + 1913,9$	C	23.245	Estacional
71465	$y = -0,0036x + 1286,2$	C	15.619	Estacional
71466	$y = 0,0009x + 1600,9$	C	19.441	Estacional
71467	$y = -0,016x + 409,69$	C	4.971	Estacional
71468	$y = 0,0038x + 582,44$	C	7.075	Estacional
71490	$y = 7,2198x + 397,26$	C	5.871	No Estacional
71961	$y = 20,808x + 1141,3$	C	16.882	No Estacional
71962	$y = 72,867x + 5162,8$	B	70.780	No Estacional
71963	$y = 29,179x + 1599,1$	C	23.657	No Estacional
71964	$y = 8,8634x + 487,86$	C	7.209	No Estacional
71965	$y = 4,9225x + 269,98$	C	3.994	No Estacional
71966	$y = 6,4977x + 357,9$	C	5.288	No Estacional
71967	$y = 1,636x + 90,123$	C	1.332	No Estacional
71968	$y = 1,8616x + 103,84$	C	1.530	No Estacional
72602	$y = -37,073x + 7336,4$	B	83.479	No Estacional
72603	$y = -30,34x + 6006,7$	B	68.351	No Estacional
72604	$y = -43,923x + 8687,1$	B	98.845	No Estacional
72607	$y = -41,742x + 8259$	B	93.977	No Estacional
72611	$y = -30,293x + 7079,6$	B	81.694	No Estacional

72613	$y = -40,56x + 8385,9$	B	95.799	No Estacional
72614	$y = -14,355x + 2843,1$	C	32.354	No Estacional
72615	$y = -5,2711x + 1045,2$	C	11.894	No Estacional
72616	$y = -25,579x + 5429,4$	B	62.164	No Estacional
72619	$y = -22,982x + 4548$	B	51.750	No Estacional
72620	$y = -1,1663x + 231,16$	C	2.630	No Estacional
72702	$y = -35x + 4662,1$	B	51.559	No Estacional
72703	$y = -27,644x + 4218,9$	B	47.911	No Estacional
72704	$y = -59,451x + 8193,9$	B	91.052	No Estacional
72707	$y = -44,662x + 6608,2$	B	74.122	No Estacional
72711	$y = -49,671x + 7143,2$	B	79.831	No Estacional
72713	$y = -27,509x + 5198,8$	B	60.433	No Estacional
72714	$y = -20,021x + 3331,1$	B	38.211	No Estacional
72715	$y = -17,367x + 2421,9$	C	27.186	No Estacional
72716	$y = -30,643x + 4015,7$	B	44.306	No Estacional
72719	$y = -25,412x + 3956$	B	45.034	No Estacional
72737	$y = -7,2222x + 4192,3$	B	49.418	Estacional
72738	$y = -7,2222x + 4192,3$	B	49.418	Estacional
72740	$y = -7,2222x + 4192,3$	B	49.418	Estacional
72741	$y = -36,402x + 4598,8$	B	50.206	No Estacional
72742	$y = -30,585x + 3464,1$	C	37.662	No Estacional
72743	$y = -29,413x + 4418,6$	B	50.083	No Estacional
91621	$y = -6,1941x + 1044,4$	C	11.605	No Estacional
91622	$y = -1,9842x + 332,39$	C	3.690	No Estacional
91623	$y = -3,9591x + 668,32$	C	7.427	No Estacional
91624	$y = -5,6557x + 954,07$	C	10.602	No Estacional
91626	$y = -2,895x + 488,07$	C	5.423	No Estacional
91627	$y = -1,8466x + 321,79$	C	3.588	No Estacional
91628	$y = -9,1816x + 1547$	C	17.189	No Estacional
91721	$y = -0,338x + 178,02$	C	2.085	Estacional
91722	$y = 0,0222x + 20,448$	C	250	Estacional
91723	$y = -0,0583x + 159,33$	C	1.918	Estacional
91724	$y = 0,3408x + 89,793$	C	1.162	Estacional
91726	$y = 0,0109x + 19,918$	C	241	Estacional
91727	$y = -0,1664x + 63,601$	C	735	Estacional
91728	$y = -0,074x + 187,65$	C	2.256	Estacional

---

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30: Comportamiento de la demanda determinado a través del coeficiente de variabilidad total productos

Código	Media 2016	Desviación	Coeficiente de variabilidad	Comportamiento
71061	1.233	338,3	27%	Probabilístico
71062	564	155,1	27%	Probabilístico
71063	861	236,1	27%	Probabilístico
71064	241	66,2	27%	Probabilístico
71065	557	152,4	27%	Probabilístico
71066	609	166,5	27%	Probabilístico
71067	332	91	27%	Probabilístico
71068	322	88	27%	Probabilístico
71069	1.785	489	27%	Probabilístico
71071	1.490	408	27%	Probabilístico
71074	384	104,7	27%	Probabilístico
71076	1.343	368,2	27%	Probabilístico
71077	3.364	937,1	28%	Probabilístico
71461	3.129	929,2	30%	Probabilístico
71463	2.897	860,9	30%	Probabilístico
71464	1.937	574,8	30%	Probabilístico
71465	1.302	386,1	30%	Probabilístico
71466	1.620	480,9	30%	Probabilístico
71467	414	123,4	30%	Probabilístico
71468	590	175	30%	Probabilístico
71490	489	123,9	25%	Probabilístico
71961	1.407	357,1	25%	Probabilístico
71962	5.898	1497,8	25%	Probabilístico
71963	1.971	500,7	25%	Probabilístico
71964	601	152,3	25%	Probabilístico
71965	333	84,1	25%	Probabilístico
71966	441	111,7	25%	Probabilístico
71967	111	28,3	26%	Probabilístico
71968	127	32,5	26%	Probabilístico
72602	6.957	2336,1	34%	Probabilístico
72603	5.696	1912,3	34%	Probabilístico
72604	8.237	2765,7	34%	Probabilístico
72607	7.831	2630,2	34%	Probabilístico
72611	6.808	2286	34%	Probabilístico
72613	7.983	2680,5	34%	Probabilístico
72614	2.696	905,4	34%	Probabilístico

72615	991	332,9	34%	Probabilístico
72616	5.180	1739,6	34%	Probabilístico
72619	4.313	1447,9	34%	Probabilístico
72620	219	73,6	34%	Probabilístico
72637	12.355	1179,3	10%	Determinístico
72702	4.297	1445,2	34%	Probabilístico
72703	3.993	1343,3	34%	Probabilístico
72704	7.588	2551,7	34%	Probabilístico
72707	6.177	2077	34%	Probabilístico
72711	6.653	2237,7	34%	Probabilístico
72713	5.036	1693,7	34%	Probabilístico
72714	3.184	1070,8	34%	Probabilístico
72715	2.266	762	34%	Probabilístico
72716	3.692	1241,8	34%	Probabilístico
72719	3.753	1262,8	34%	Probabilístico
72737	4.118	393,3	10%	Determinístico
72738	4.118	393,3	10%	Determinístico
72740	4.118	393,3	10%	Determinístico
72741	4.184	1407,1	34%	Probabilístico
72743	4.174	1404,3	34%	Probabilístico
91621	967	253,5	26%	Probabilístico
91622	308	80,8	26%	Probabilístico
91623	619	162	26%	Probabilístico
91624	883	231,6	26%	Probabilístico
91626	452	118,7	26%	Probabilístico
91627	299	78,4	26%	Probabilístico
91628	1.432	375,6	26%	Probabilístico
91721	174	41,8	24%	Probabilístico
91722	21	5,3	25%	Probabilístico
91723	160	38	24%	Probabilístico
91724	97	23,3	24%	Probabilístico
91726	20	5	25%	Probabilístico
91727	61	14,7	24%	Probabilístico
91728	188	44,6	24%	Probabilístico

---

Fuente: Elaboración propia

## Anexo F: Resultados por categoría.

Tabla 31: Pronóstico de la demanda categoría B.

Código	Ene-17	Feb-17	Mar-17	Abr-17	May-17	Jun-17	Jul-17	Ago-17	Sept-17	Oct-17	Nov-17	Dic-17
72602	3.674	5.103	6.983	8.776	9.987	10.296	9.643	8.238	6.495	4.908	3.915	3.774
72613	4.123	5.763	7.943	10.040	11.474	11.866	11.139	9.527	7.505	5.647	4.465	4.266
71077	1.717	3.016	2.922	3.733	5.295	3.769	4.034	4.230	3.754	3.839	2.551	1.818
71461	1.623	2.862	2.729	3.603	5.132	3.561	3.777	3.896	3.443	3.505	2.223	1.507
71962	5.244	4.824	4.741	4.992	5.489	6.092	6.645	7.017	7.129	6.974	6.610	6.142
72603	3.009	4.179	5.717	7.185	8.177	8.430	7.895	6.745	5.318	4.019	3.206	3.091
72604	4.352	6.044	8.269	10.392	11.825	12.190	11.417	9.754	7.690	5.812	4.636	4.470
72607	4.136	5.745	7.861	9.880	11.244	11.591	10.856	9.275	7.312	5.525	4.407	4.248
72611	3.316	4.715	6.622	8.492	9.810	10.225	9.652	8.278	6.509	4.847	3.749	3.503
72616	2.742	3.893	5.386	6.750	7.568	7.603	6.868	5.612	4.237	3.172	2.736	3.046
72619	2.278	3.164	4.329	5.441	6.191	6.382	5.978	5.107	4.026	3.043	2.427	2.340
72702	2.928	3.708	4.595	5.364	5.827	5.877	5.513	4.837	4.028	3.290	2.806	2.691
72703	2.586	3.347	4.212	4.938	5.331	5.300	4.877	4.198	3.466	2.886	2.609	2.697
72704	5.043	6.599	8.308	9.685	10.364	10.194	9.268	7.886	6.458	5.384	4.945	5.228
72707	4.069	5.305	6.681	7.804	8.375	8.267	7.547	6.450	5.303	4.427	4.053	4.256
72711	4.397	5.742	7.230	8.439	9.047	8.917	8.127	6.934	5.691	4.749	4.354	4.584
72713	3.192	4.090	5.149	6.067	6.600	6.621	6.155	5.355	4.463	3.728	3.346	3.401
72714	2.044	2.634	3.316	3.895	4.218	4.209	3.889	3.363	2.788	2.325	2.096	2.152
72716	2.525	3.199	3.963	4.624	5.018	5.055	4.736	4.149	3.450	2.816	2.403	2.309
72719	2.426	3.136	3.947	4.630	5.002	4.977	4.584	3.950	3.264	2.719	2.456	2.534
72737	3.490	4.387	4.217	4.010	4.407	4.481	4.421	4.419	4.224	4.079	3.574	3.585
72738	3.490	4.387	4.217	4.010	4.407	4.481	4.421	4.419	4.224	4.079	3.574	3.585
72740	3.490	4.387	4.217	4.010	4.407	4.481	4.421	4.419	4.224	4.079	3.574	3.585

72741	2.992	3.867	4.791	5.505	5.818	5.654	5.075	4.254	3.430	2.830	2.615	2.833
72743	2.711	3.510	4.415	5.172	5.579	5.542	5.095	4.383	3.617	3.011	2.725	2.821

Fuente: Elaboración Propia

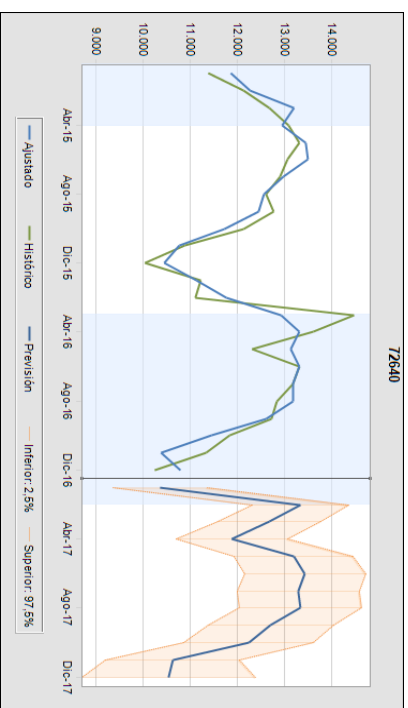
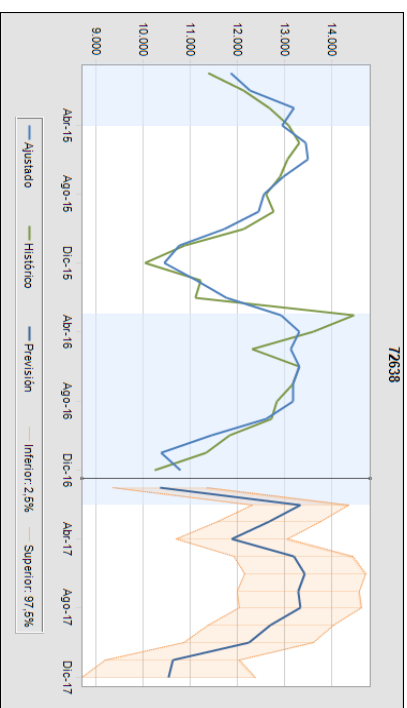
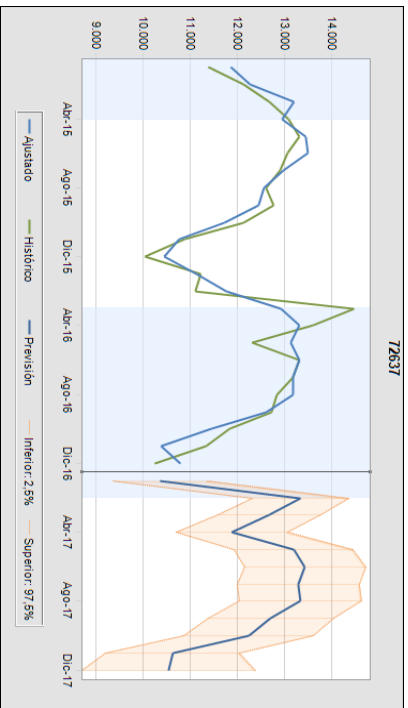
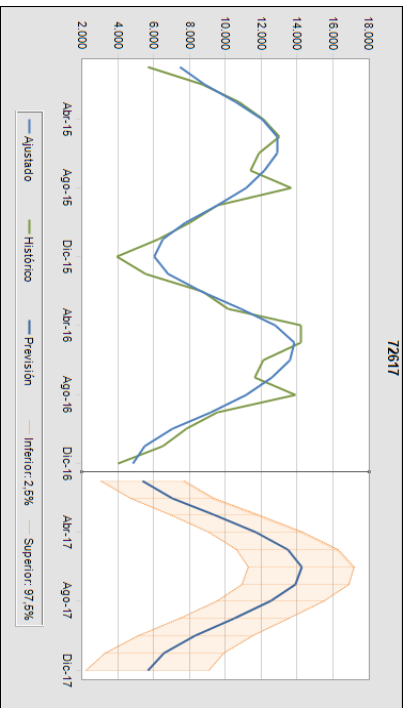
Tabla 32: Pronóstico de la demanda categoría C

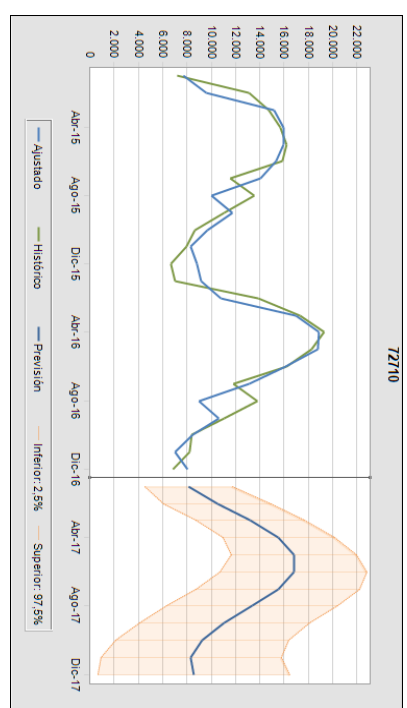
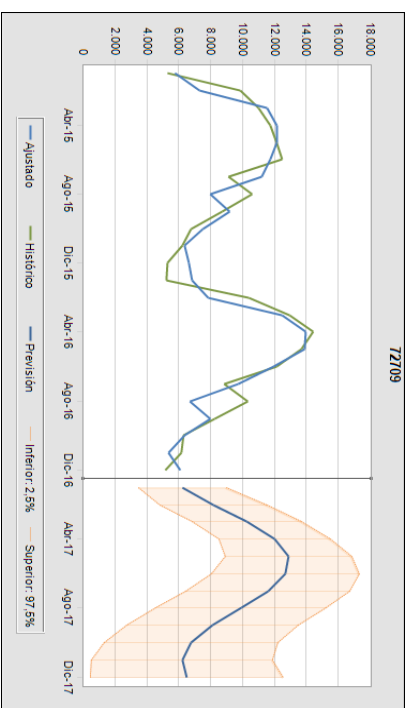
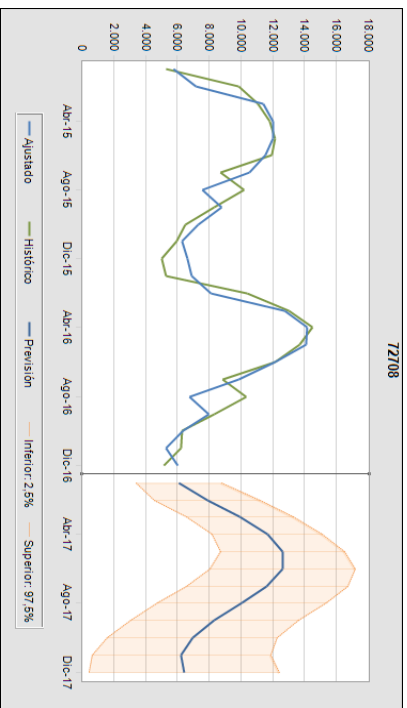
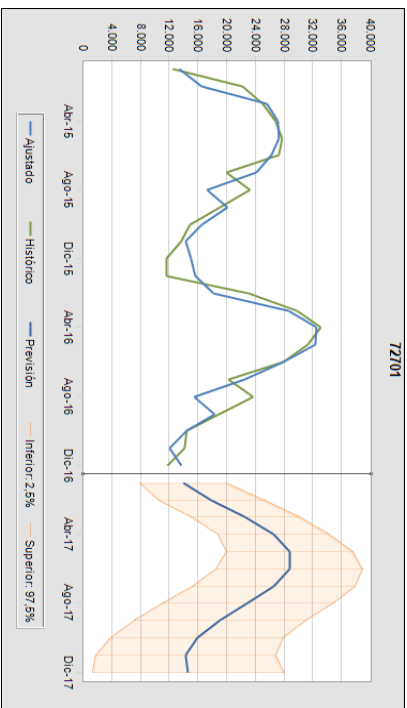
Código	Ene-17	Feb-17	Mar-17	Abr-17	May-17	Jun-17	Jul-17	Ago-17	Sept-17	Oct-17	Nov-17	Dic-17
71061	789	972	1.227	1.411	1.554	1.633	1.473	1.669	1.329	1.313	759	660
71062	359	444	561	646	711	747	674	764	610	601	348	303
71063	550	679	856	984	1.084	1.140	1.030	1.164	929	917	531	459
71064	154	190	240	276	303	320	289	326	261	257	147	129
71065	357	439	554	637	700	737	666	753	601	592	344	297
71066	390	479	606	696	766	805	726	822	657	649	375	326
71067	221	259	313	370	416	440	436	407	361	309	264	238
71068	224	240	312	363	408	431	389	440	345	336	204	174
71069	1.144	1.406	1.776	2.041	2.248	2.363	2.133	2.415	1.924	1.899	1.100	956
71071	953	1.175	1.482	1.704	1.876	1.971	1.781	2.014	1.606	1.587	919	797
71074	247	303	381	439	483	508	459	519	413	408	237	206
71076	859	1.058	1.335	1.535	1.691	1.779	1.604	1.817	1.450	1.429	827	719
71463	1.503	2.650	2.524	3.338	4.754	3.298	3.497	3.607	3.186	3.247	2.060	1.394
71464	1.005	1.771	1.691	2.232	3.178	2.205	2.335	2.408	2.132	2.171	1.377	934
71465	677	1.190	1.134	1.499	2.137	1.481	1.569	1.618	1.432	1.458	927	628
71466	842	1.479	1.412	1.866	2.659	1.843	1.954	2.016	1.783	1.814	1.152	783
71467	214	380	363	477	680	471	500	516	456	464	293	198
71468	307	539	512	679	968	671	712	734	647	661	420	285
71490	412	358	342	364	418	486	550	594	606	587	543	487
71961	1.183	1.028	980	1.047	1.201	1.398	1.583	1.708	1.744	1.689	1.562	1.401
71963	1.658	1.440	1.374	1.466	1.683	1.959	2.217	2.392	2.444	2.366	2.188	1.963

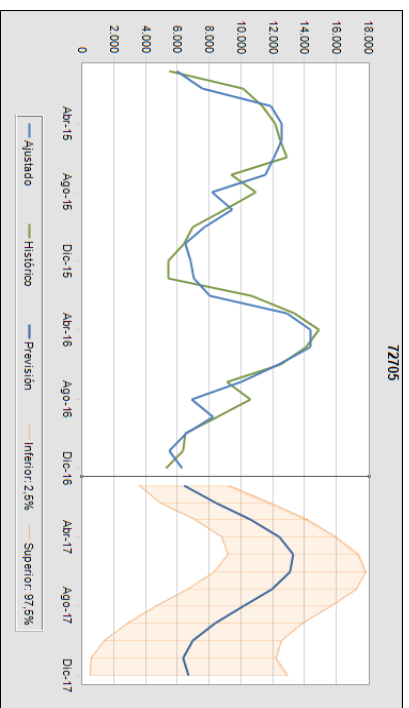
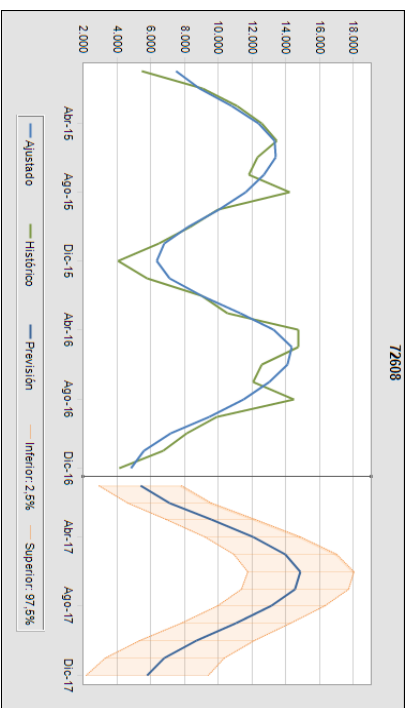
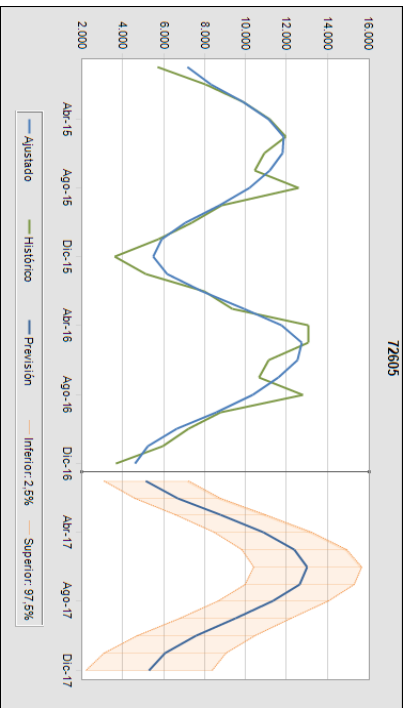
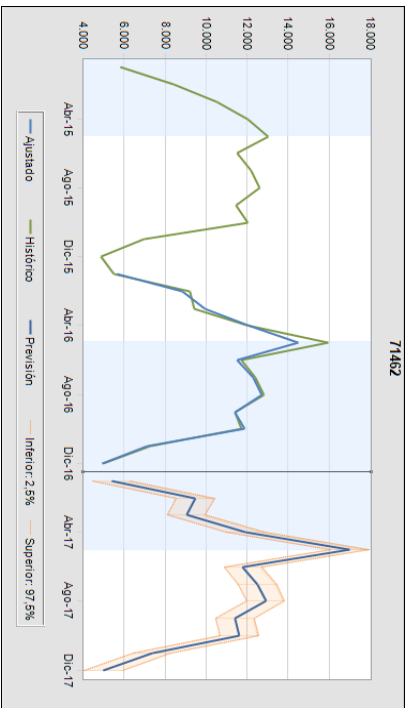
71964	506	439	419	448	513	597	676	729	745	721	667	598
71965	280	243	232	247	284	331	375	404	413	400	370	331
71966	371	322	308	328	377	438	496	535	546	529	489	439
71967	93	81	77	83	95	111	126	135	138	133	123	110
71968	105	92	89	96	111	129	146	156	159	152	140	125
72614	1.424	1.978	2.706	3.401	3.870	3.990	3.737	3.193	2.518	1.903	1.518	1.463
72615	523	727	995	1.250	1.423	1.467	1.374	1.174	926	700	558	538
72620	117	167	230	288	322	322	290	236	177	133	116	130
72715	1.489	1.884	2.349	2.766	3.033	3.085	2.916	2.572	2.145	1.743	1.467	1.383
72742	2.110	2.757	3.455	4.015	4.294	4.234	3.870	3.315	2.730	2.271	2.054	2.123
91621	682	797	954	1.110	1.225	1.269	1.232	1.126	981	836	729	687
91622	233	277	327	371	397	401	381	343	298	256	229	222
91623	437	510	610	710	784	812	788	721	628	535	467	440
91624	656	802	965	1.100	1.171	1.159	1.070	932	785	670	618	643
91626	319	373	446	519	573	593	576	526	458	390	340	321
91627	223	266	315	359	387	391	373	337	292	250	222	214
91628	1.065	1.300	1.565	1.784	1.898	1.878	1.734	1.510	1.272	1.086	1.003	1.042
91721	219	218	91	121	236	213	129	171	163	174	182	170
91722	26	24	9	15	29	25	15	20	19	22	22	21
91723	205	188	87	114	208	195	121	157	150	160	169	155
91724	121	114	51	61	123	118	72	95	91	97	101	93
91726	25	22	12	15	26	25	15	19	18	22	21	19
91727	78	77	31	42	81	76	48	59	56	60	66	59
91728	233	230	99	133	251	229	141	185	176	190	196	186

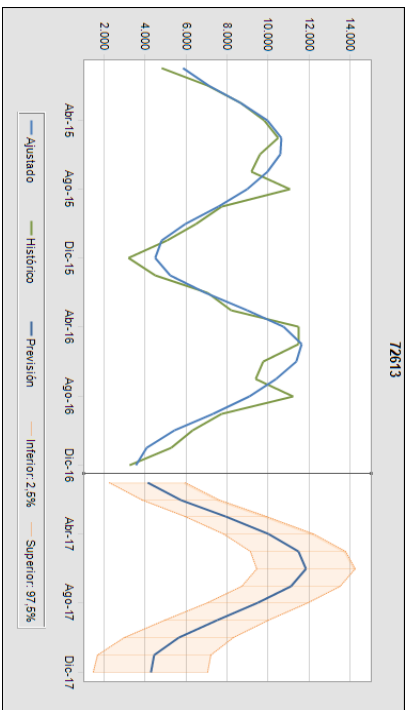
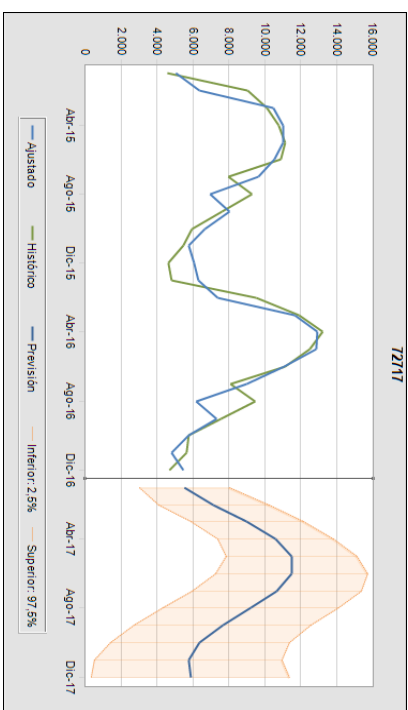
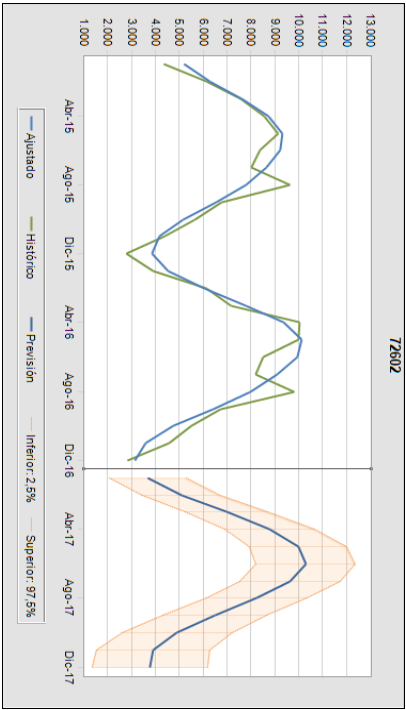
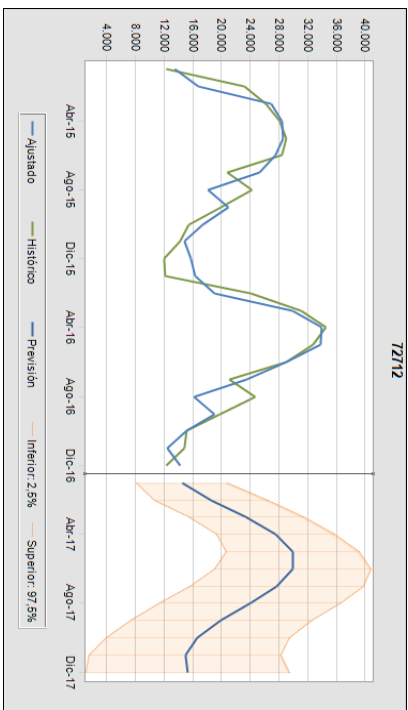
Fuente: Elaboración Propia

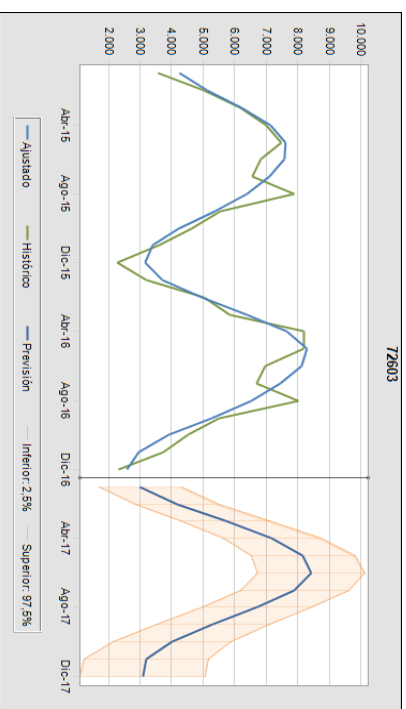
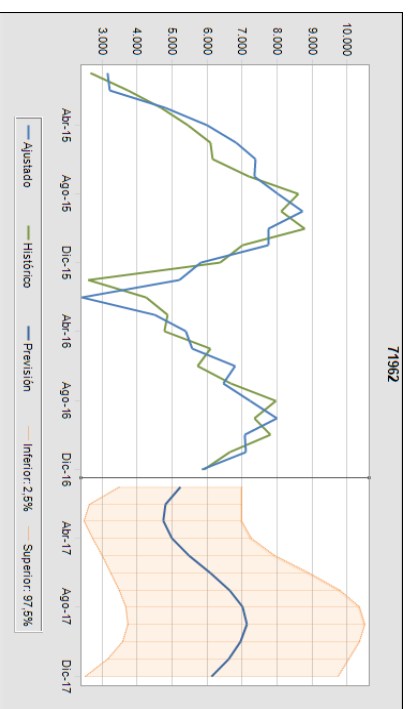
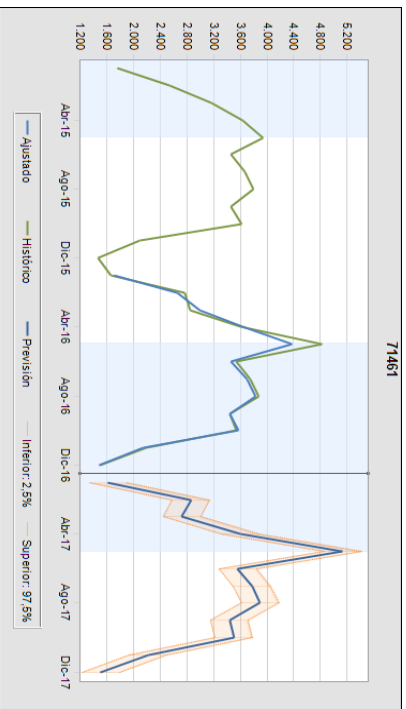
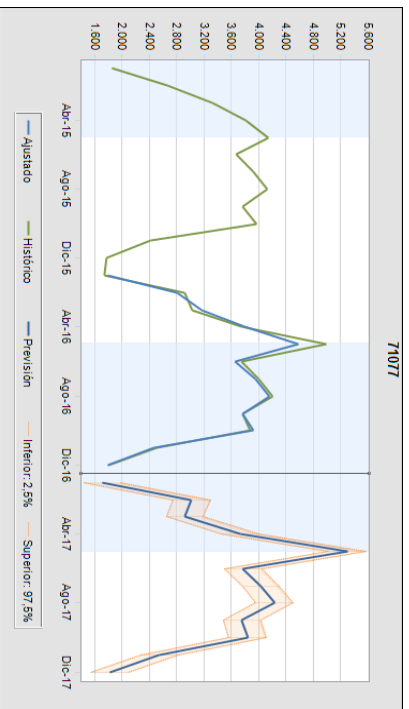
### Anexo G: Gráficos pronóstico de la demanda

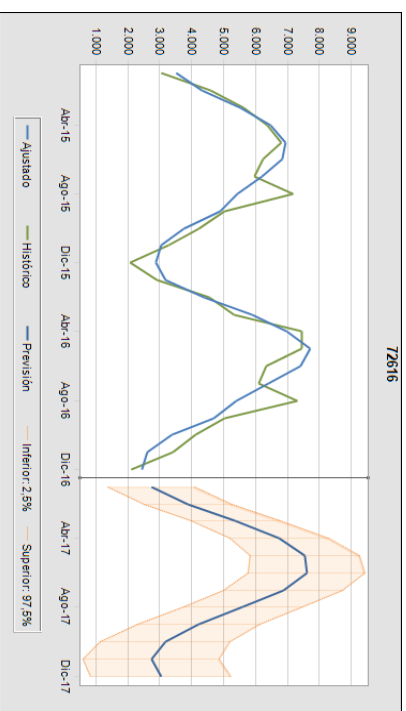
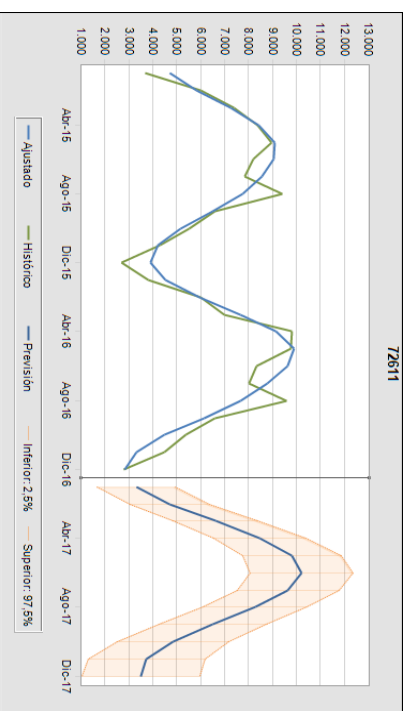
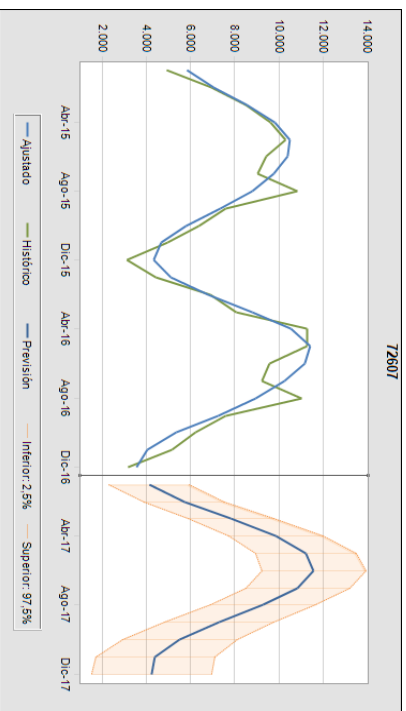
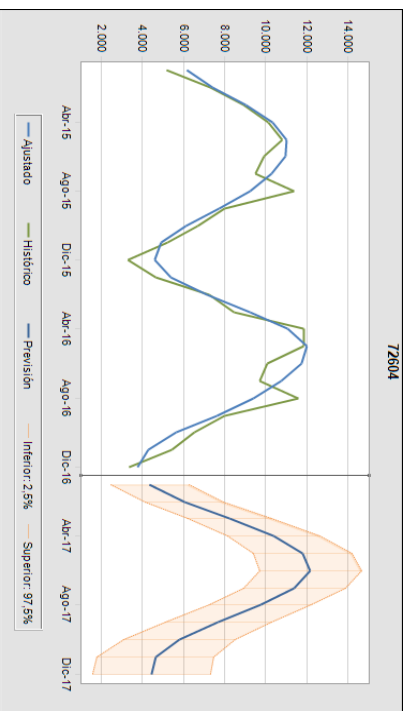


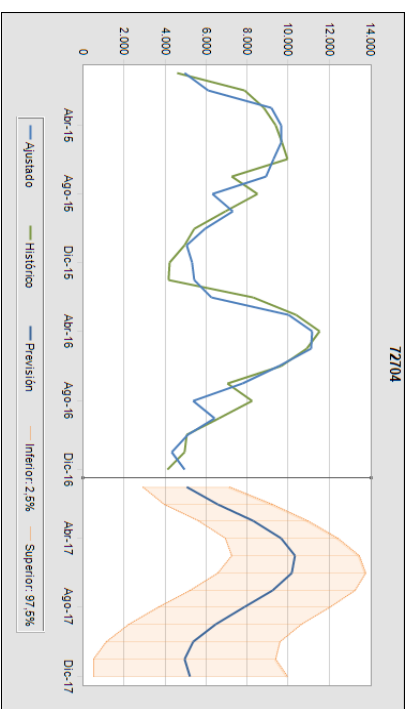
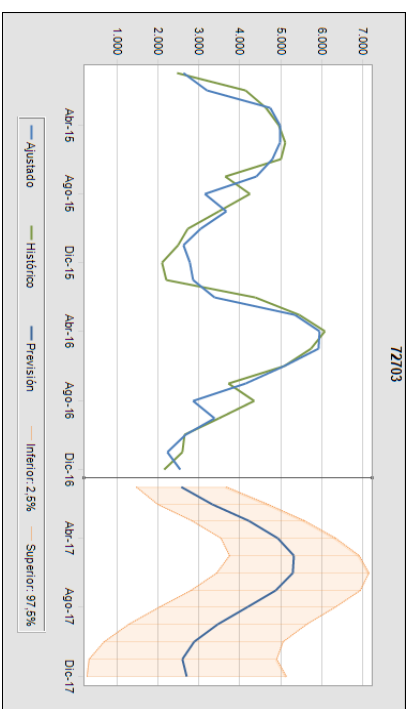
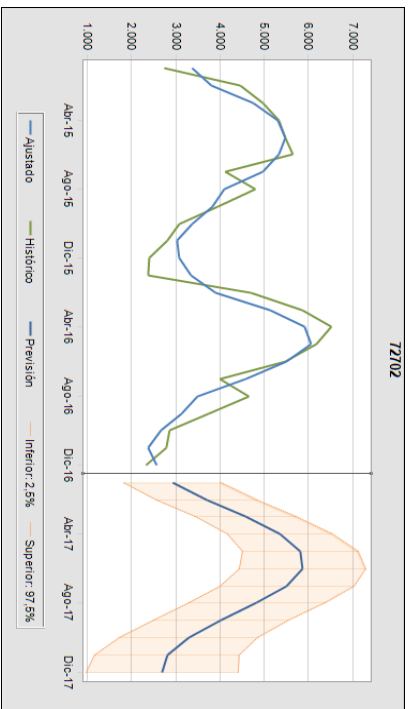
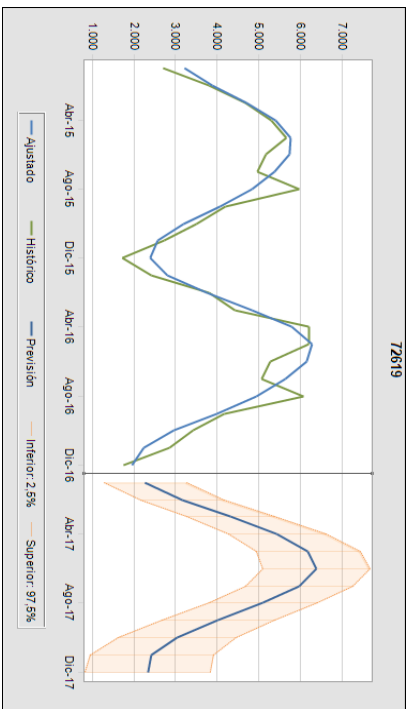


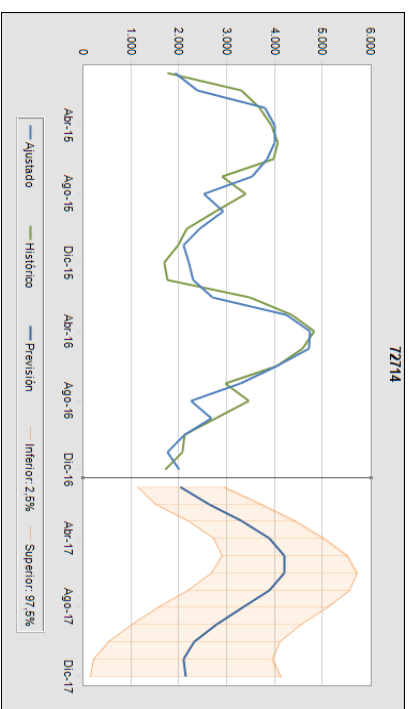
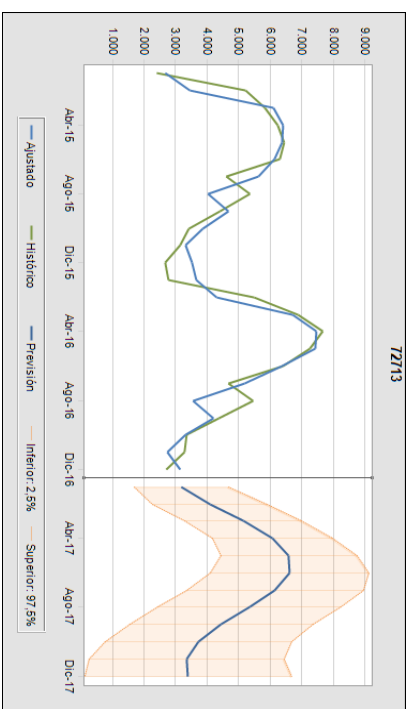
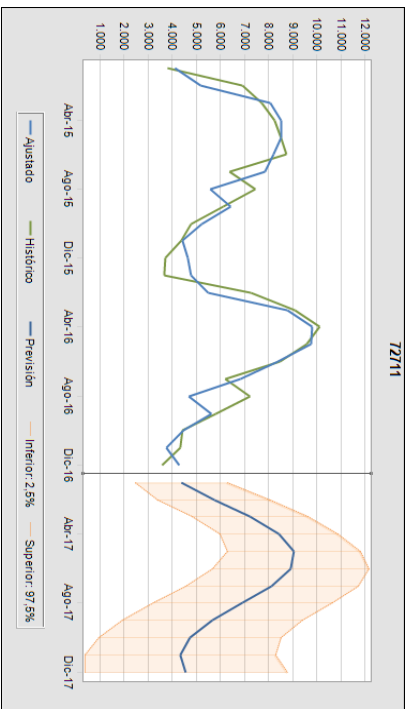
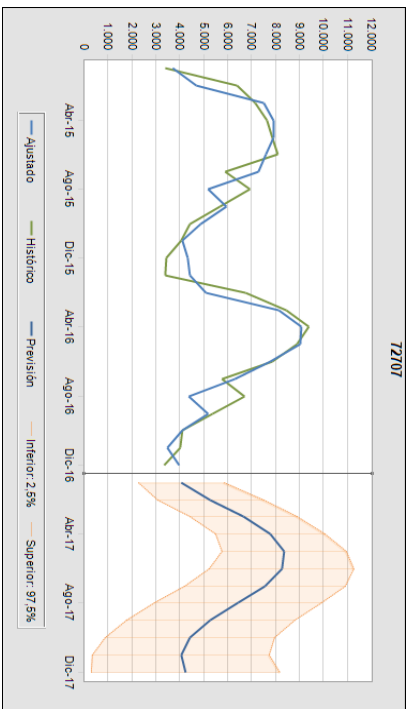


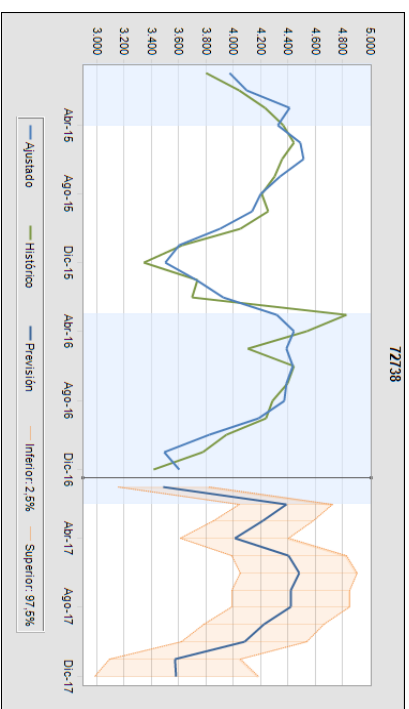
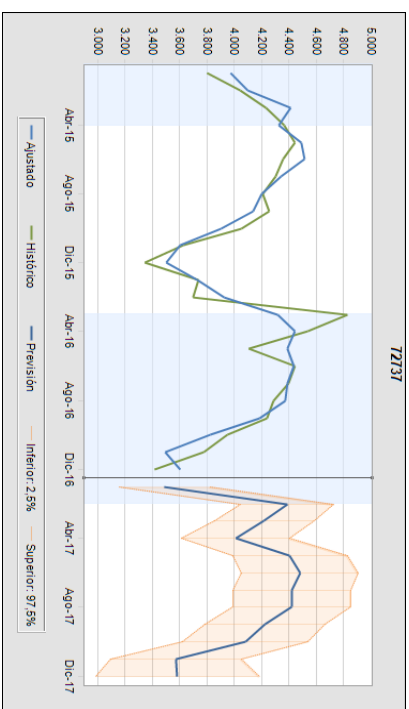
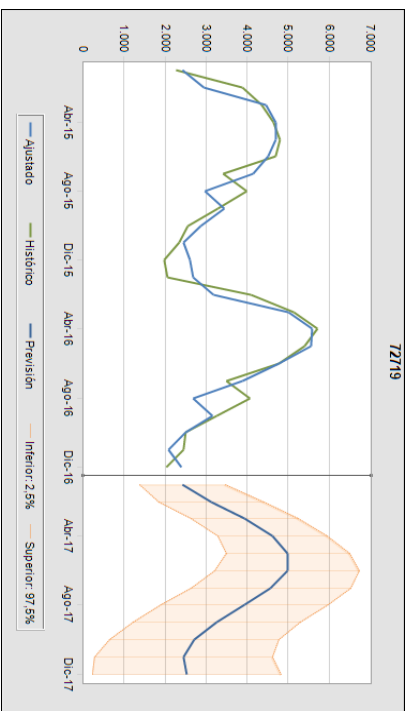
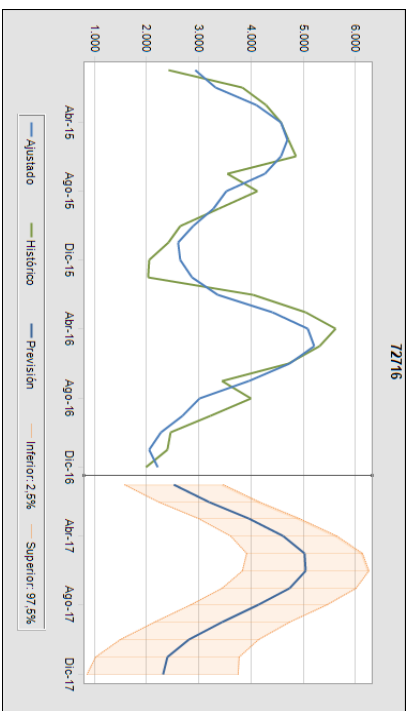


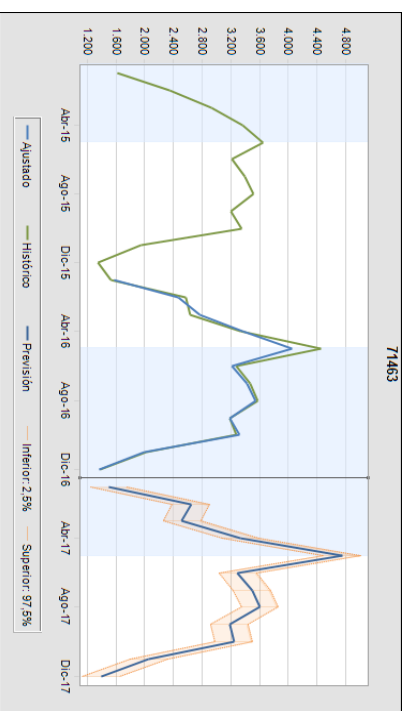
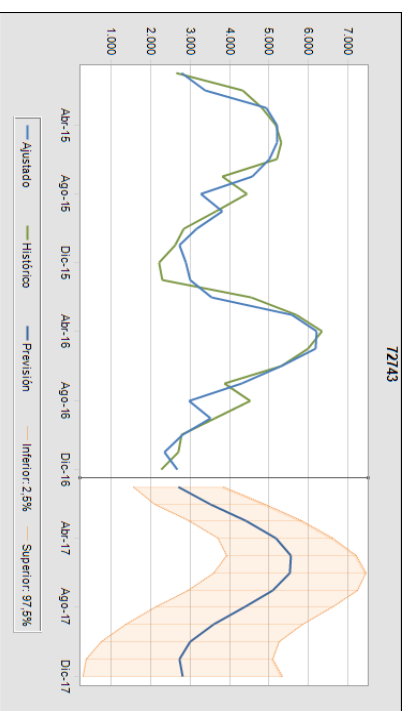
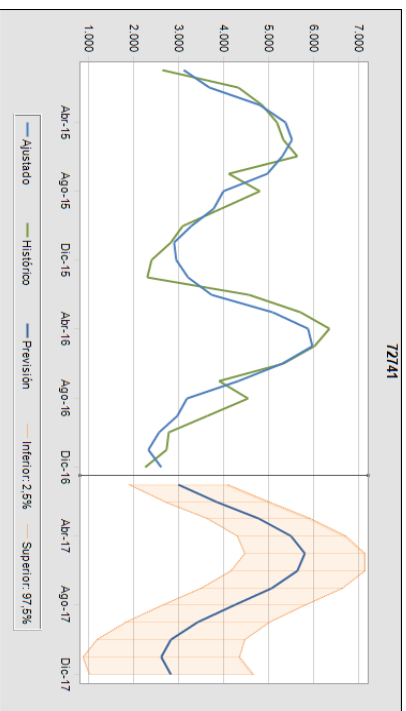
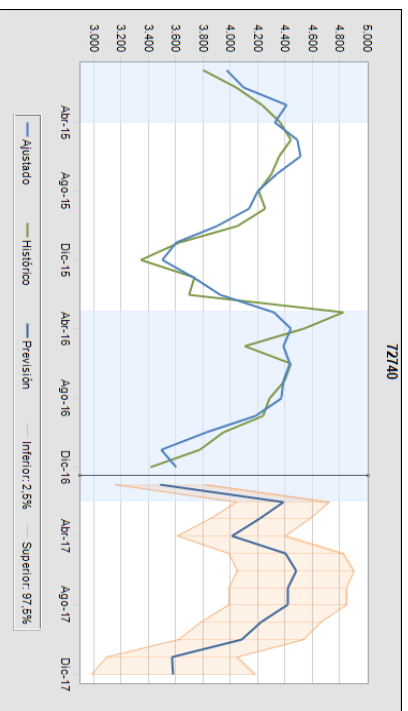


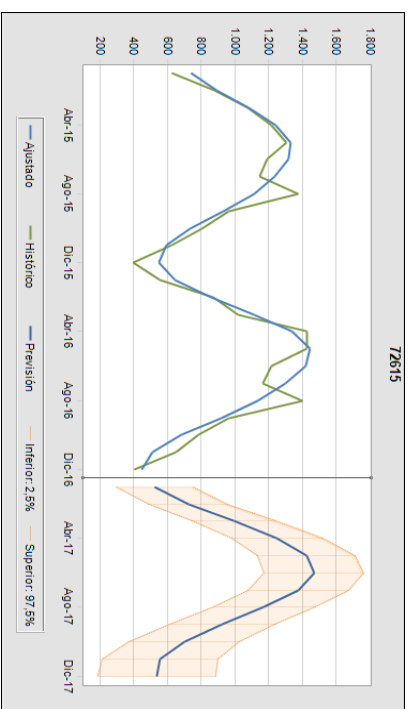
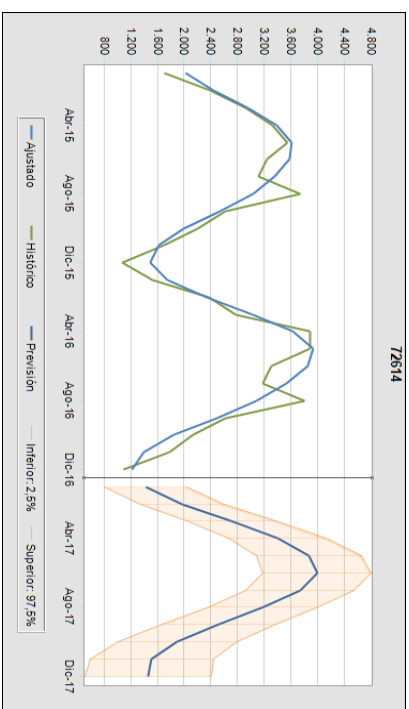
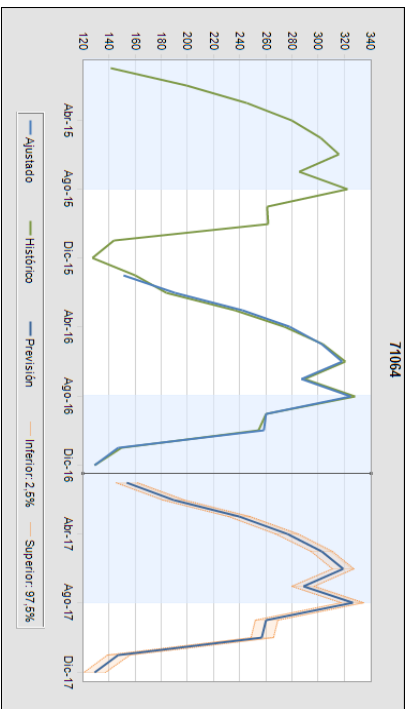
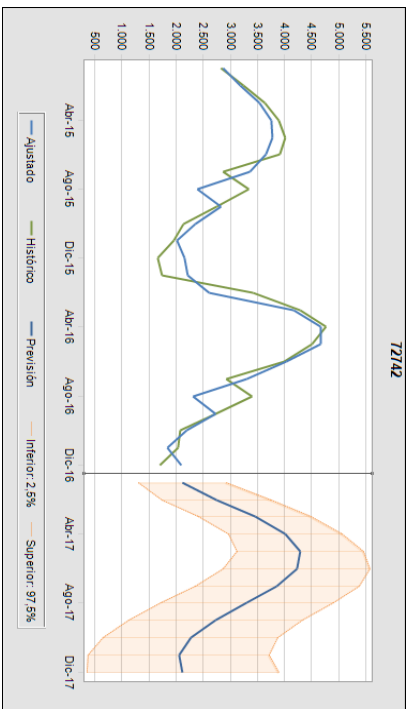


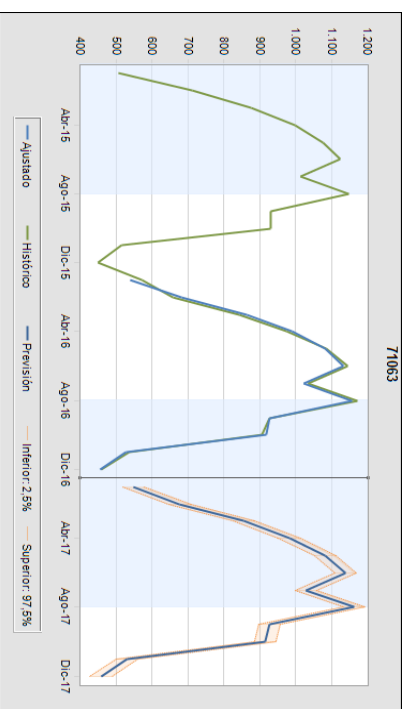
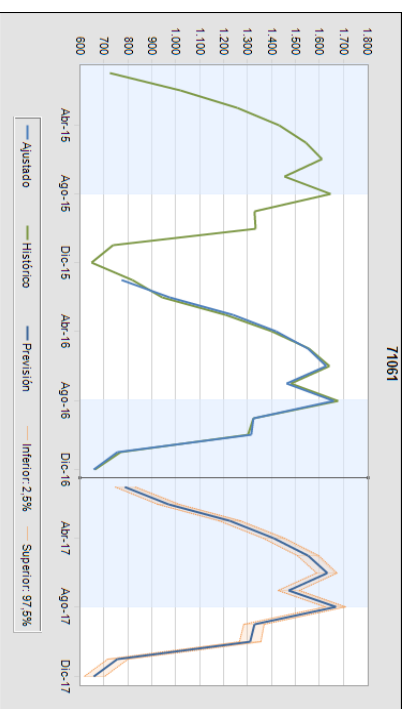
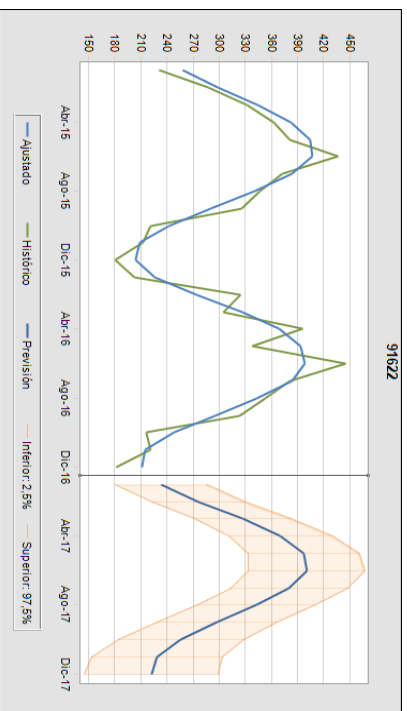
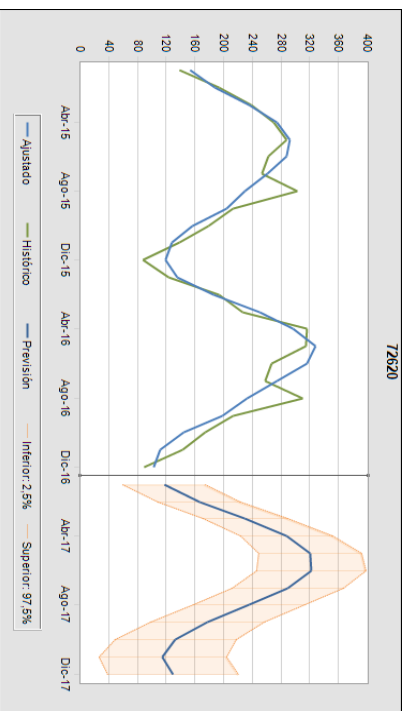


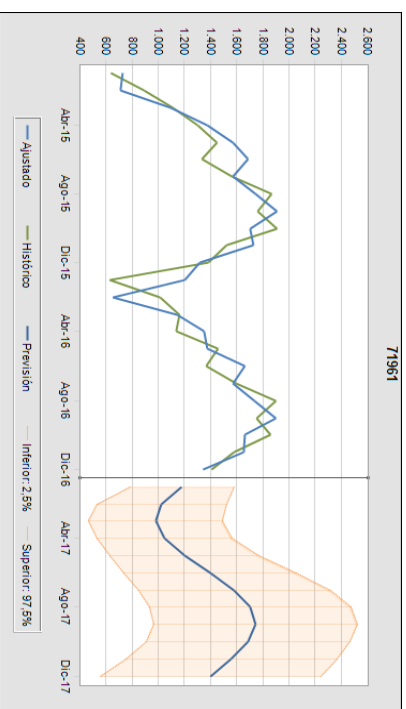
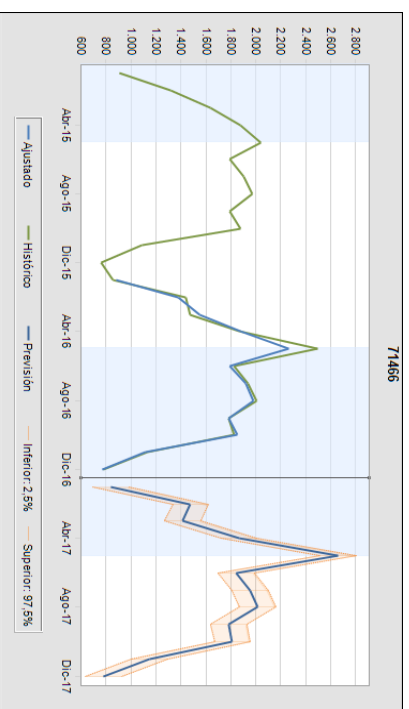
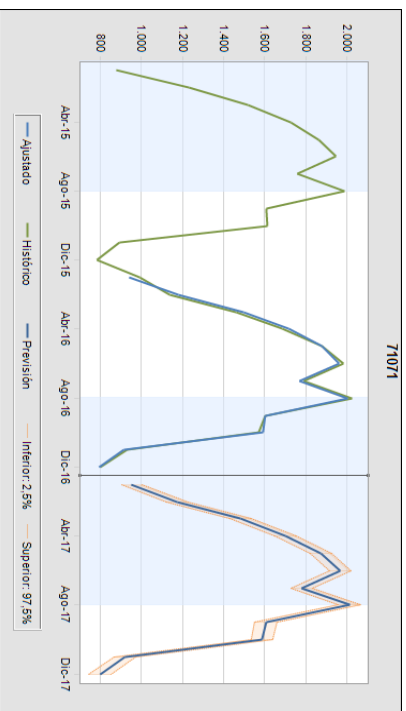
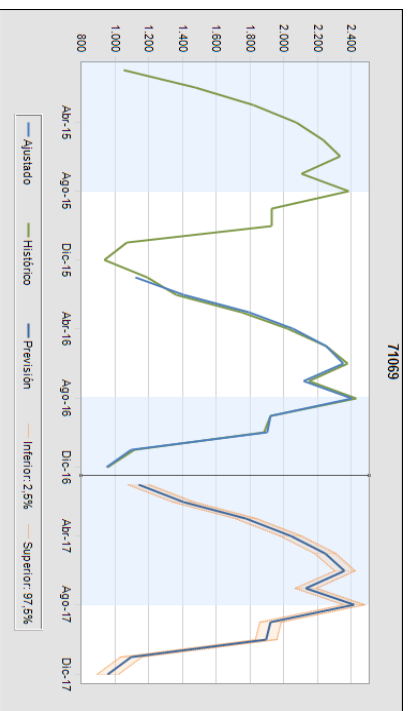


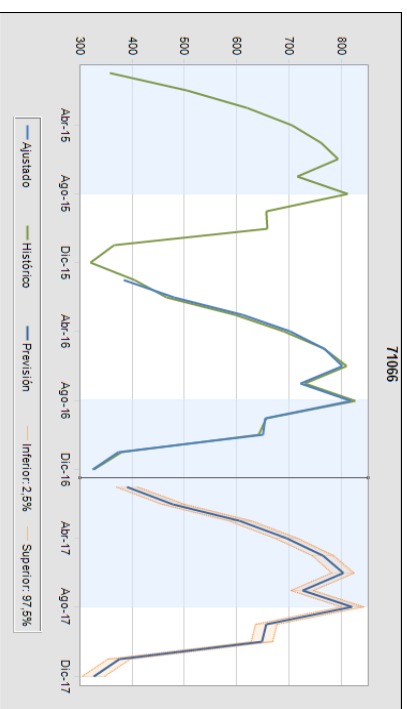
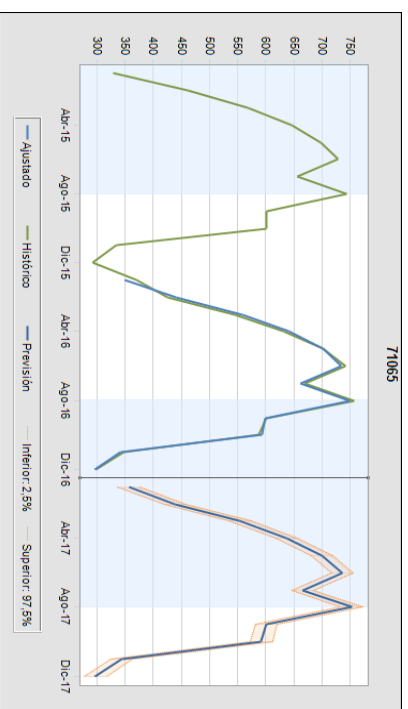
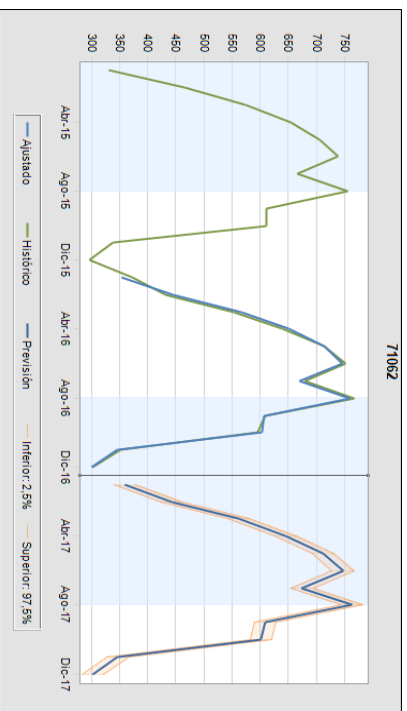
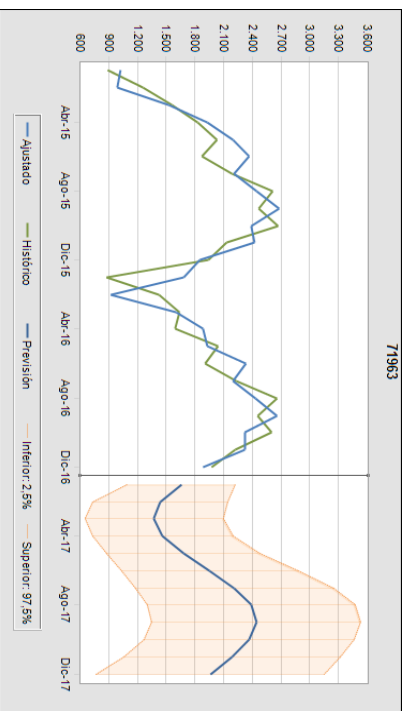


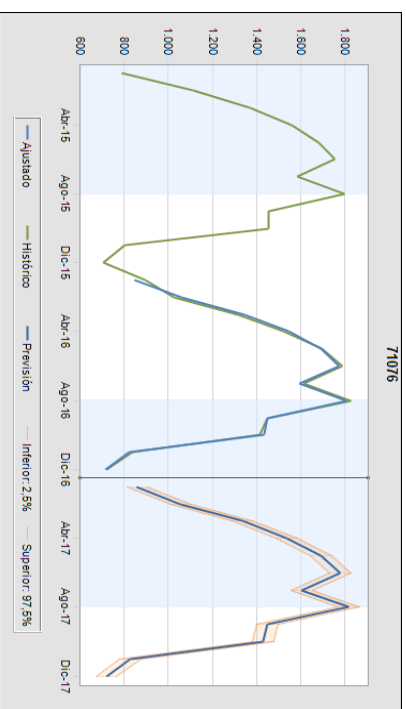
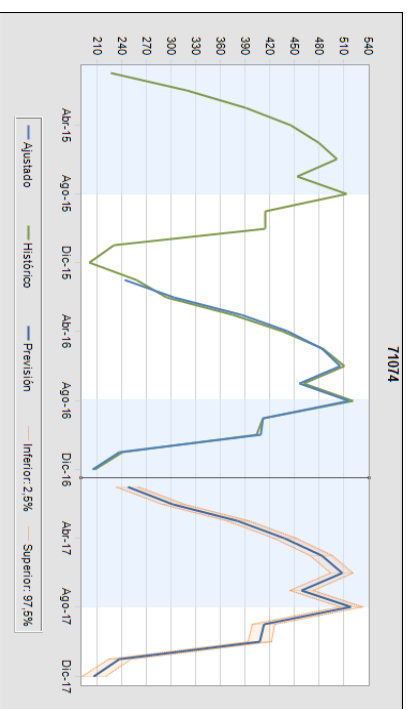
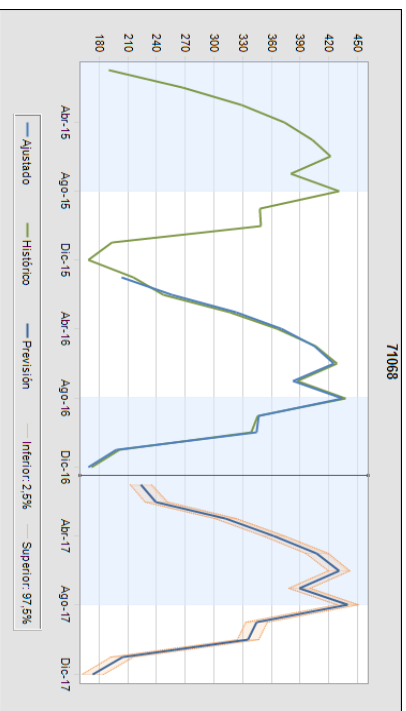
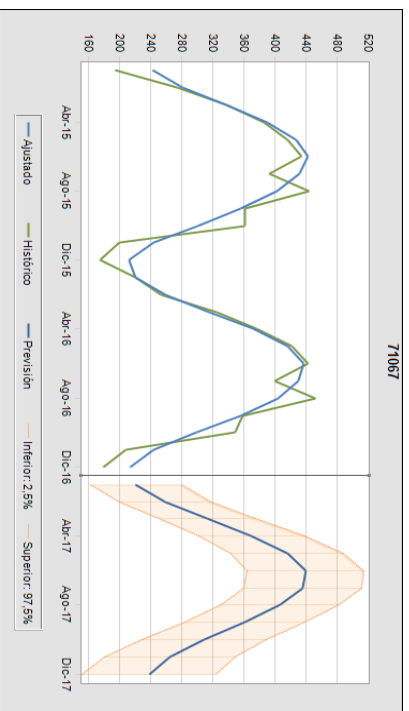


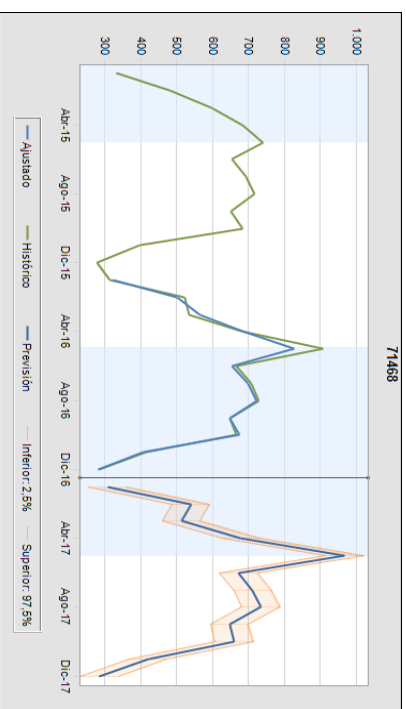
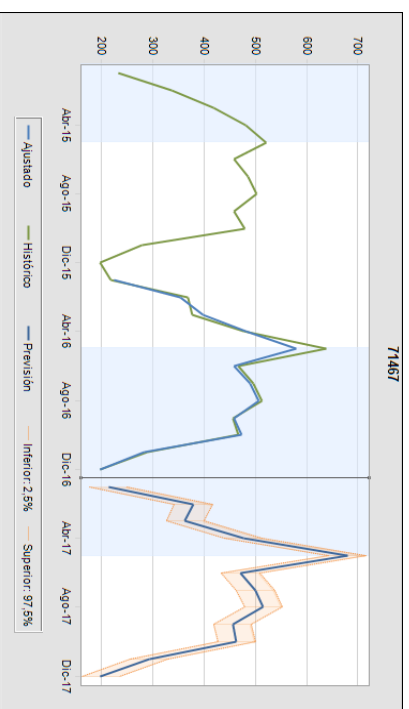
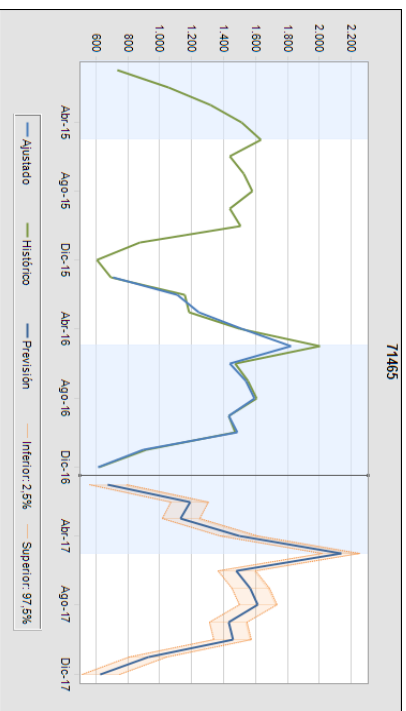
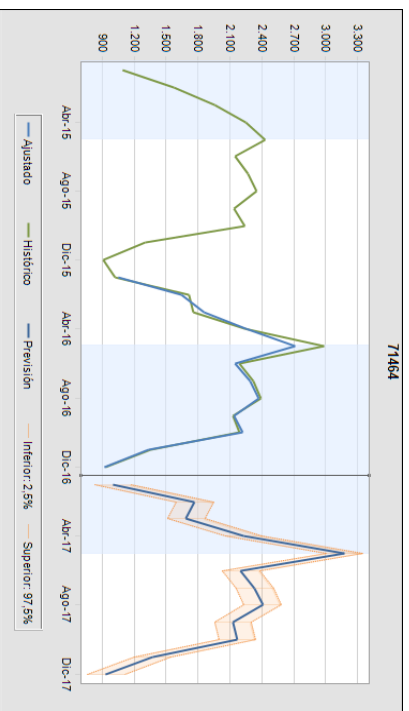


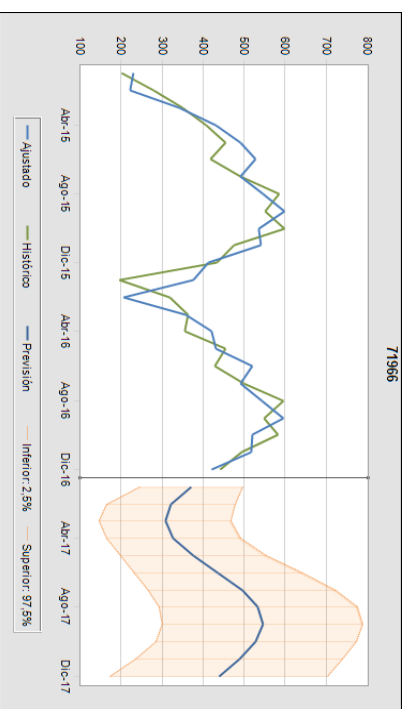
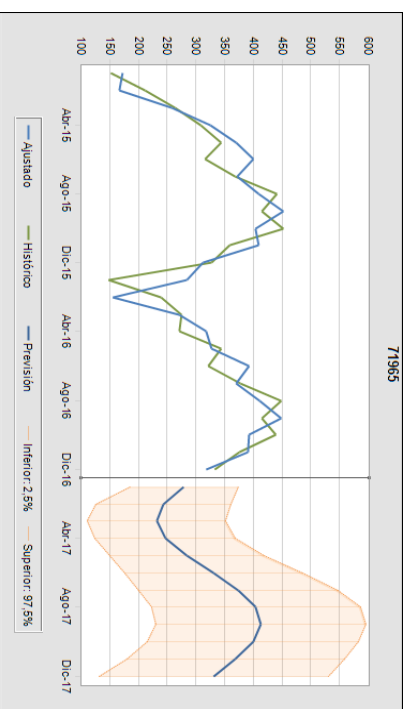
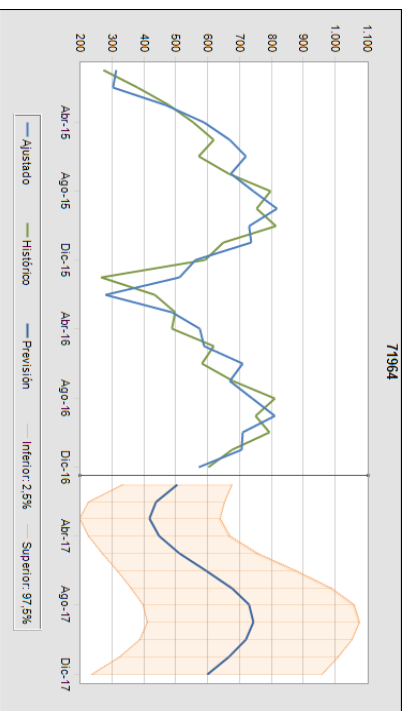
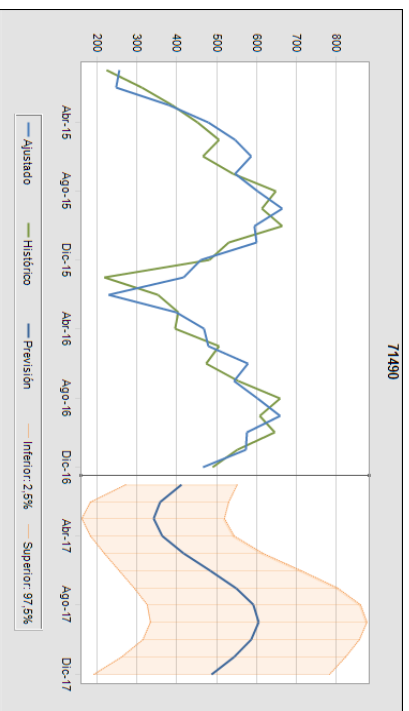


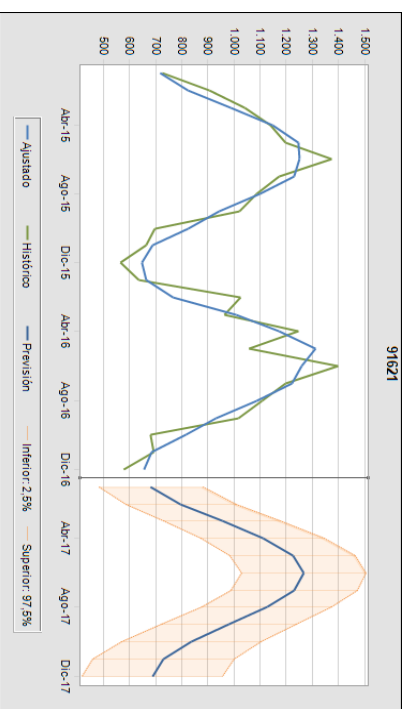
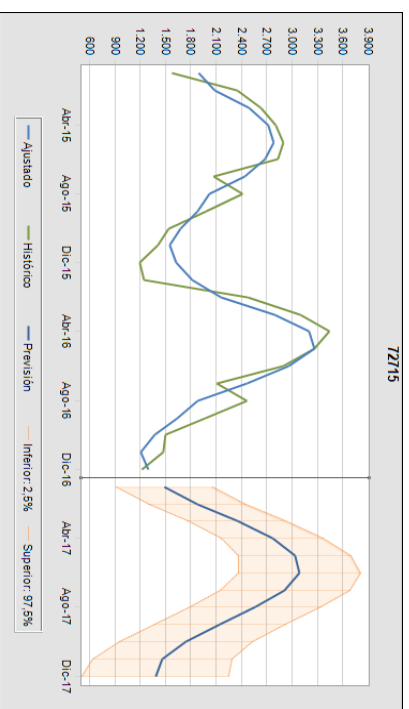
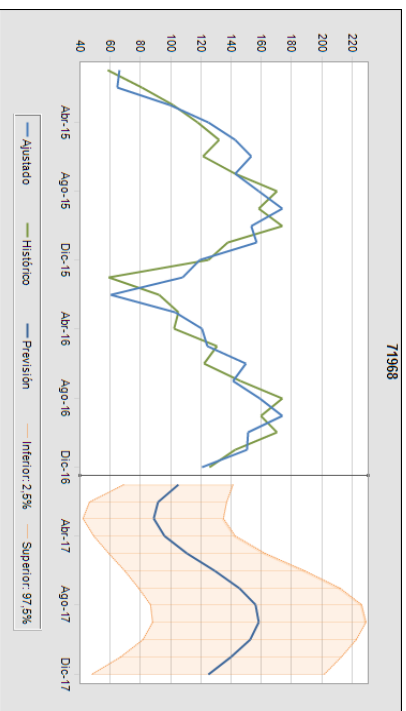
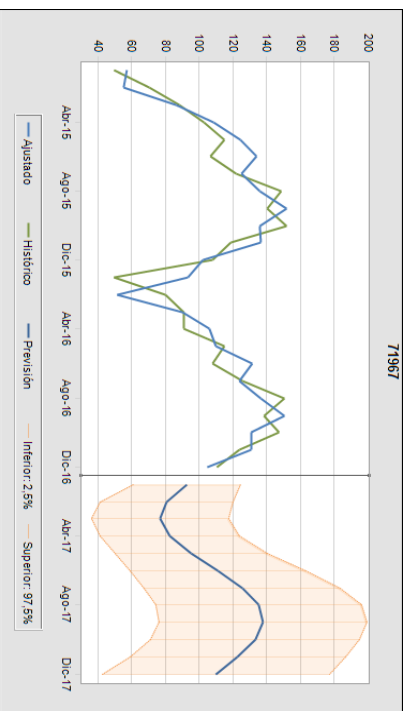


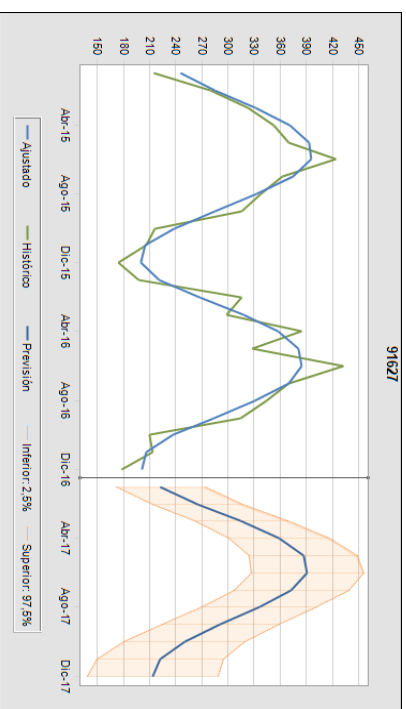
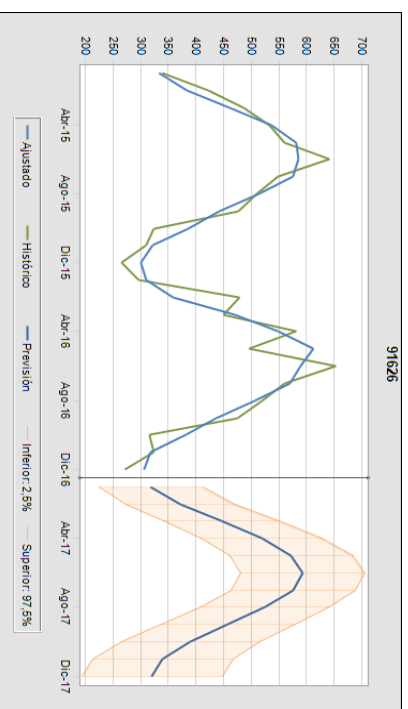
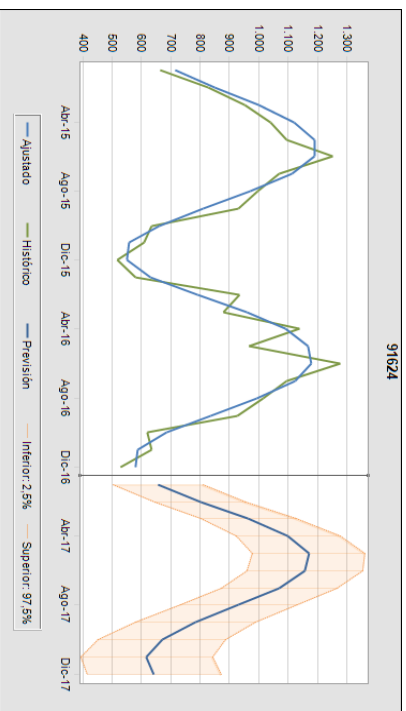
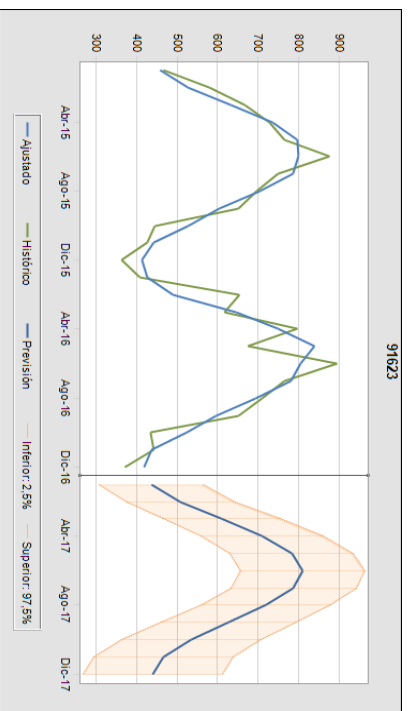


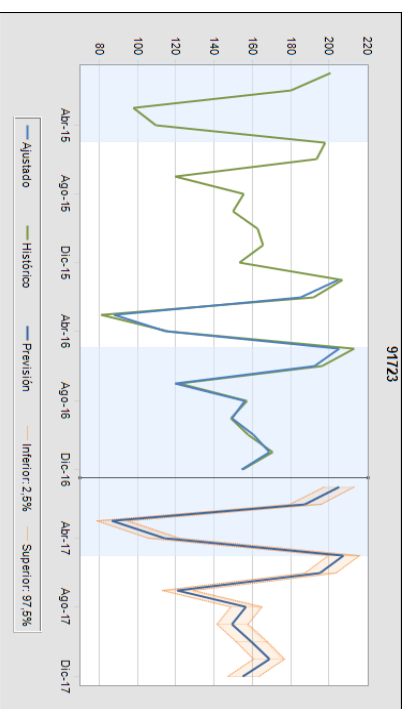
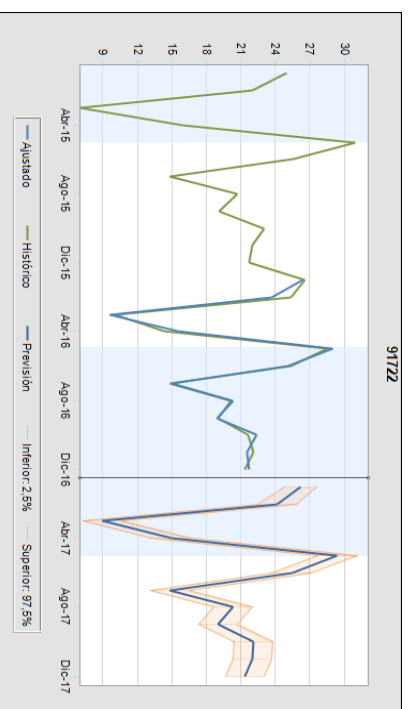
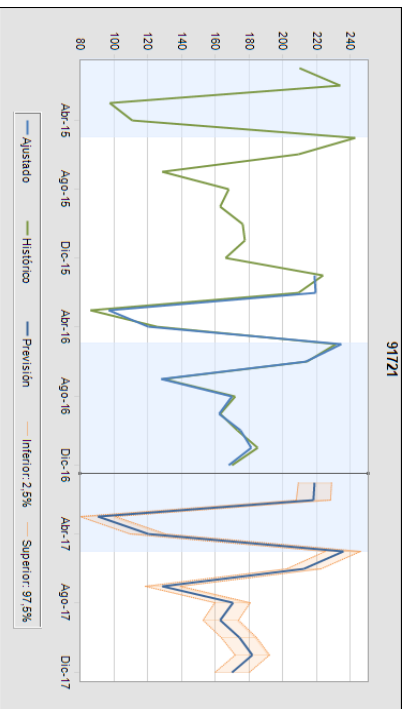
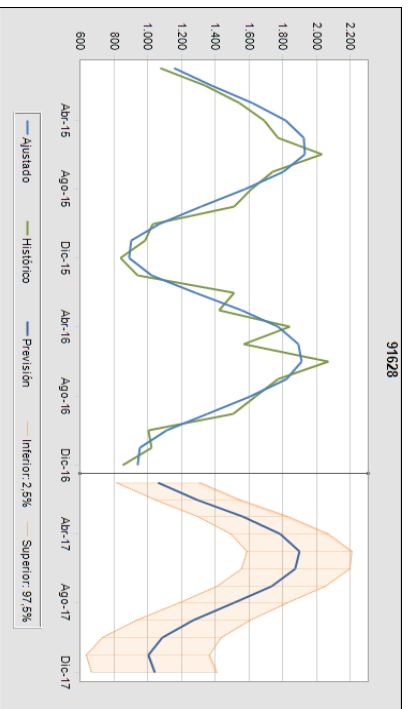


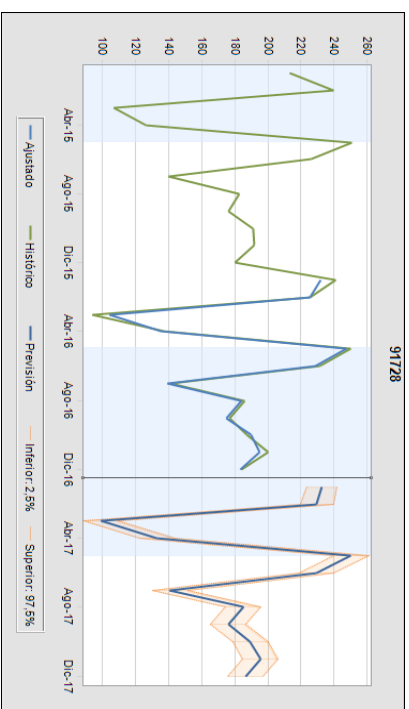
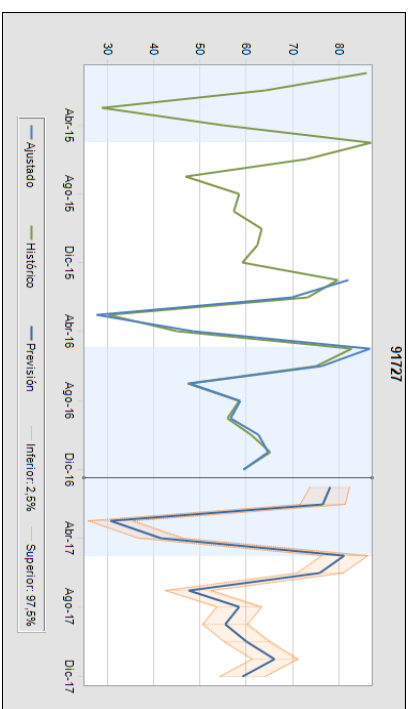
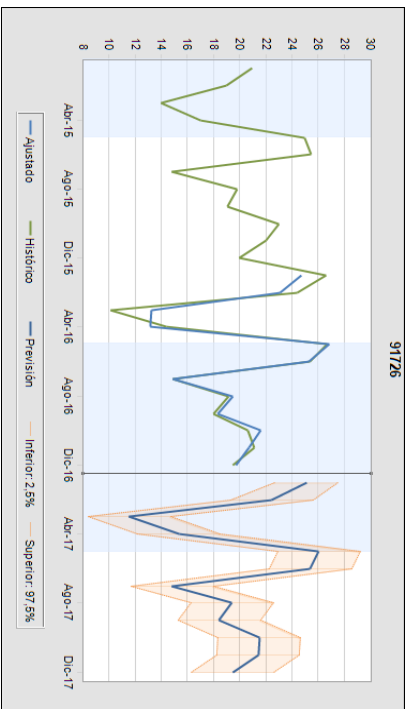
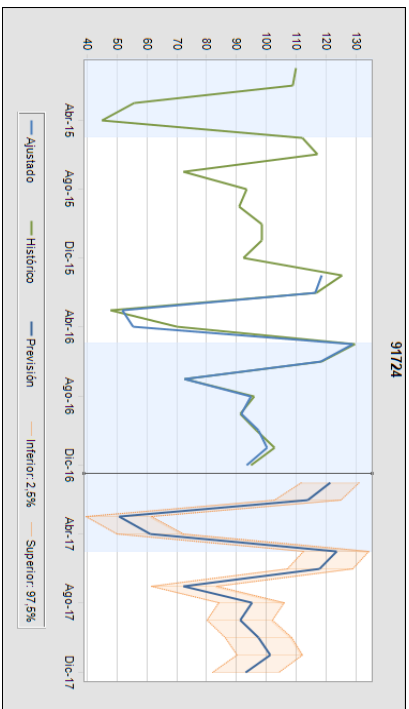












## Anexo H: Ajuste distribución normal

Tabla 33A: Distribución categoría A

Código	Mejor Ajuste	Distribución	Kolmogorov – Smirnov	Valor P
71462	Normal	10.251,32	0,24	0,00
72601	Normal	21.743,47	0,11	0,58
72605	Normal	8.970,69	0,11	0,60
72608	Normal	10.092,10	0,11	0,58
72609	Normal	8.581,47	0,11	0,59
72610	Normal	19.068,00	0,11	0,58
72612	Normal	24.262,34	0,11	0,58
72617	Normal	9.750,10	0,11	0,58
72637	Normal	12.305,94	0,16	0,14
72638	Normal	12.305,94	0,16	0,14
72640	Normal	12.305,94	0,16	0,14
72701	Normal	21.049,19	0,15	0,16
72705	Normal	9.593,91	0,14	0,29
72708	Normal	9.228,51	0,15	0,15
72709	Normal	9.305,08	0,14	0,30
72710	Normal	12.285,62	0,15	0,15
72712	Normal	21.938,95	0,15	0,18
72717	Normal	8.433,72	0,15	0,17

Fuente: Elaboración propia, datos Crystal Ball

Tabla 34B: Resultados ajuste distribución normal categoría B y C.

Código	Mejor Ajuste	Distribución	Kolmogorov-Smirnov	Valor P:
71061	Normal	1231,24	0,163	0,095
71062	Normal	563,55	0,164	0,091
71063	Normal	859,54	0,162	0,096
71064	Normal	240,92	0,164	0,092
71065	Normal	555,94	0,163	0,094
71066	Normal	607,58	0,165	0,085
71067	Normal	331,82	0,155	0,139
71068	Normal	321,74	0,16	0,106
71069	Normal	1782,35	0,162	0,096
71071	Normal	1487,54	0,164	0,092
71074	Normal	383,32	0,16	0,108
71076	Normal	1340,75	0,162	0,1

71077	Normal	3327,25	0,23	0
71461	Normal	3091,86	0,237	0
71463	Normal	2863,07	0,237	0
71464	Normal	1914,04	0,238	0
71465	Normal	1286,19	0,238	0
71466	Normal	1600,96	0,238	0
71467	Normal	409,49	0,239	0
71468	Normal	582,49	0,234	0
71490	Normal	487,51	0,102	0,751
71961	Normal	1401,43	0,103	0,741
71962	Normal	6073,63	0,089	0,902
71963	Normal	1963,81	0,103	0,745
71964	Normal	598,65	0,103	0,745
71965	Normal	331,51	0,102	0,75
71966	Normal	439,12	0,103	0,748
71967	Normal	110,57	0,111	0,626
71968	Normal	127,11	0,104	0,728
72602	Normal	6872,95	0,113	0,598
72603	Normal	5627,43	0,113	0,595
72604	Normal	8138,05	0,113	0,594
72607	Normal	7737,21	0,113	0,595
72611	Normal	6700,92	0,115	0,576
72613	Normal	7878,89	0,114	0,591
72614	Normal	2663,66	0,114	0,591
72615	Normal	979,27	0,113	0,597
72616	Normal	5109,67	0,114	0,584
72619	Normal	4260,7	0,113	0,592
72620	Normal	216,59	0,114	0,584
72637	Normal	12305,94	0,155	0,136
72702	Normal	4224,61	0,142	0,234
72703	Normal	3873,35	0,157	0,123
72704	Normal	7450,71	0,14	0,258
72707	Normal	6049,9	0,135	0,307
72711	Normal	6522,28	0,137	0,287
72713	Normal	4854,93	0,146	0,201
72714	Normal	3080,83	0,153	0,149
72715	Normal	2204,82	0,151	0,162
72716	Normal	3632,64	0,143	0,23
72719	Normal	3638,31	0,156	0,128
72737	Normal	4102,01	0,155	0,139

72738	Normal	4102,01	0,155	0,139
72740	Normal	4102,01	0,155	0,139
72741	Normal	4143,79	0,139	0,267
72743	Normal	4050,89	0,159	0,116
91621	Normal	966,98	0,162	0,099
91622	Normal	307,59	0,162	0,097
91623	Normal	618,83	0,164	0,091
91624	Normal	883,38	0,162	0,099
91626	Normal	451,88	0,162	0,097
91627	Normal	298,71	0,186	0,029
91628	Normal	1432,23	0,162	0,098
91721	Normal	173,8	0,151	0,161
91722	Normal	20,73	0,13	0,364
91723	Normal	158,6	0,147	0,195
91724	Normal	94,05	0,198	0,016
91726	Normal	20,05	0,113	0,595
91727	Normal	61,52	0,126	0,418
91728	Normal	186,73	0,16	0,11

---

Fuente: Elaboración propia

## Anexo I: Resultados del modelo categoría A, B y C, productos probabilísticos.

Tabla 35: Desviación estándar, inventario seguridad e inventario Objetivo

Código	Desviación Estándar	Inventario seguridad	Inv.Obj.											
			Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
71.061	266	522	1.626	1.882	2.240	2.497	2.697	2.808	2.584	2.858	2.382	2.360	1.584	1.446
71.062	122	239	742	861	1.025	1.143	1.235	1.286	1.183	1.308	1.093	1.081	726	663
71.063	186	364	1.134	1.315	1.564	1.742	1.882	1.960	1.806	1.995	1.665	1.648	1.108	1.007
71.064	52	102	318	368	438	489	527	550	507	559	467	463	309	283
71.065	120	235	735	850	1.011	1.127	1.216	1.267	1.167	1.289	1.076	1.064	716	651
71.066	131	257	803	928	1.105	1.231	1.329	1.383	1.273	1.408	1.176	1.165	782	713
71.067	60	117	426	479	555	635	699	732	727	687	622	549	487	450
71.068	69	135	449	471	572	643	706	739	680	751	618	605	421	378
71.069	385	754	2.355	2.724	3.241	3.612	3.902	4.063	3.741	4.135	3.449	3.414	2.294	2.093
71.071	321	630	1.964	2.274	2.705	3.015	3.257	3.389	3.123	3.449	2.879	2.852	1.916	1.745
71.074	83	162	508	586	695	776	838	873	804	889	740	733	494	450
71.076	290	568	1.770	2.049	2.437	2.718	2.935	3.058	2.814	3.112	2.598	2.568	1.726	1.575
71.077	678	1.329	3.504	5.150	5.030	6.057	8.036	6.103	6.439	6.687	6.085	6.193	4.561	3.632
71.461	676	1.326	3.382	4.951	4.782	5.890	7.826	5.836	6.110	6.260	5.686	5.765	4.142	3.235
71.462	1.645	3.225	8.969	13.344	12.869	15.970	21.380	15.818	16.578	16.999	15.400	15.621	11.090	8.561
71.463	717	1.404	3.509	5.115	4.939	6.078	8.060	6.022	6.300	6.455	5.865	5.950	4.289	3.357
71.464	478	938	2.344	3.417	3.305	4.063	5.387	4.025	4.207	4.309	3.923	3.977	2.866	2.246
71.465	321	630	1.578	2.296	2.217	2.729	3.622	2.703	2.826	2.895	2.635	2.671	1.927	1.509
71.466	400	784	1.963	2.856	2.761	3.397	4.507	3.365	3.520	3.606	3.280	3.324	2.397	1.880
71.467	103	201	500	733	710	869	1.153	861	902	924	840	851	611	479
71.468	146	286	715	1.040	1.003	1.236	1.641	1.225	1.282	1.314	1.191	1.211	873	684
71.490	74	144	721	646	622	654	729	825	914	975	993	966	904	827
71.961	212	416	2.073	1.855	1.789	1.881	2.098	2.373	2.632	2.807	2.858	2.780	2.602	2.378
71.962	592	1.160	7.802	7.270	7.166	7.483	8.113	8.876	9.577	10.048	10.190	9.994	9.533	8.940

71.963	297	583	2.904	2.599	2.506	2.636	2.939	3.325	3.687	3.932	4.004	3.895	3.646	3.332
71.964	90	177	885	793	764	804	896	1.013	1.124	1.198	1.220	1.187	1.111	1.015
71.965	50	99	491	439	423	445	496	562	623	665	677	659	616	563
71.966	66	130	649	581	561	590	657	743	824	878	894	870	814	744
71.967	17	33	163	146	141	149	166	189	209	223	226	219	205	187
71.968	20	38	185	167	162	172	193	219	242	257	260	252	234	213
72.601	3.527	6.913	19.809	23.848	29.320	34.828	39.009	40.866	40.006	36.721	31.894	26.763	22.608	20.428
72.602	1.664	3.261	7.915	9.725	12.106	14.378	15.912	16.303	15.475	13.696	11.488	9.478	8.220	8.041
72.603	1.362	2.669	6.481	7.962	9.911	11.771	13.027	13.347	12.670	11.214	9.406	7.761	6.731	6.584
72.604	1.970	3.860	9.373	11.516	14.335	17.024	18.839	19.301	18.322	16.215	13.601	11.222	9.733	9.522
72.605	1.419	2.780	8.276	9.943	12.161	14.362	16.002	16.689	16.280	14.906	12.937	10.877	9.241	8.422
72.607	1.873	3.672	8.910	10.948	13.629	16.187	17.914	18.354	17.423	15.420	12.933	10.670	9.254	9.053
72.608	1.686	3.304	9.062	10.935	13.525	16.173	18.223	19.188	18.861	17.361	15.093	12.639	10.611	9.495
72.609	1.524	2.987	7.882	9.785	12.288	14.676	16.289	16.700	15.830	13.959	11.638	9.525	8.202	8.014
72.610	3.603	7.062	16.992	21.239	27.063	32.803	36.871	38.192	36.485	32.315	26.911	21.809	18.411	17.606
72.611	1.710	3.353	7.553	9.325	11.740	14.109	15.778	16.305	15.578	13.838	11.598	9.493	8.102	7.790
72.612	3.491	6.843	21.970	25.684	30.829	36.241	40.730	43.341	43.558	41.401	37.411	32.510	27.796	24.293
72.613	1.937	3.796	9.018	11.096	13.857	16.513	18.329	18.826	17.904	15.863	13.302	10.948	9.451	9.200
72.614	737	1.445	3.439	4.214	5.233	6.206	6.864	7.031	6.677	5.916	4.970	4.109	3.570	3.493
72.615	271	531	1.264	1.549	1.924	2.282	2.523	2.585	2.455	2.175	1.827	1.511	1.312	1.284
72.616	1.249	2.449	5.922	7.380	9.271	10.999	12.035	12.079	11.148	9.557	7.816	6.467	5.915	6.306
72.617	1.586	3.109	8.870	10.681	13.139	15.618	17.504	18.346	17.968	16.497	14.330	12.022	10.149	9.161
72.619	1.031	2.021	4.907	6.029	7.505	8.913	9.863	10.106	9.593	8.490	7.121	5.876	5.096	4.985
72.620	61	119	283	352	441	522	569	569	524	449	367	305	281	301
72.637	570	1.118	12.172	15.344	14.642	13.802	15.193	15.457	15.298	15.346	14.675	14.176	12.458	12.371
72.638	570	1.118	12.172	15.344	14.642	13.802	15.193	15.457	15.298	15.346	14.675	14.176	12.458	12.371
72.640	570	1.118	12.172	15.344	14.642	13.802	15.193	15.457	15.298	15.346	14.675	14.176	12.458	12.371
72.701	2.768	5.426	20.326	24.589	29.531	33.751	36.120	36.086	33.786	29.978	25.795	22.413	20.723	21.100
72.702	793	1.554	5.262	6.250	7.373	8.348	8.935	8.998	8.537	7.681	6.655	5.721	5.108	4.962

72.703	704	1.380	4.656	5.619	6.716	7.635	8.132	8.093	7.557	6.698	5.770	5.035	4.685	4.795
72.704	1.378	2.701	9.090	11.060	13.225	14.969	15.829	15.613	14.441	12.691	10.882	9.521	8.965	9.324
72.705	1.292	2.533	9.428	11.534	13.867	15.764	16.721	16.523	15.288	13.419	11.472	9.993	9.368	9.726
72.707	1.106	2.169	7.322	8.889	10.631	12.053	12.778	12.640	11.728	10.339	8.885	7.777	7.302	7.559
72.708	1.216	2.384	8.918	10.803	12.979	14.829	15.860	15.831	14.809	13.130	11.293	9.814	9.082	9.260
72.709	1.251	2.452	9.132	11.168	13.428	15.269	16.203	16.019	14.830	13.024	11.138	9.702	9.092	9.431
72.710	1.621	3.178	11.884	14.400	17.300	19.761	21.128	21.082	19.713	17.470	15.021	13.054	12.085	12.328
72.711	1.198	2.348	7.918	9.622	11.507	13.038	13.808	13.643	12.643	11.131	9.557	8.364	7.863	8.155
72.712	2.874	5.632	21.110	25.505	30.635	35.044	37.553	37.574	35.236	31.313	26.973	23.439	21.642	21.984
72.713	861	1.688	5.731	6.869	8.210	9.373	10.048	10.075	9.484	8.472	7.341	6.411	5.926	5.995
72.714	553	1.085	3.675	4.422	5.285	6.018	6.427	6.416	6.011	5.345	4.617	4.030	3.740	3.810
72.715	480	941	3.026	3.578	4.229	4.814	5.187	5.260	5.023	4.542	3.944	3.382	2.996	2.877
72.716	684	1.340	4.538	5.392	6.360	7.197	7.696	7.743	7.338	6.595	5.710	4.906	4.384	4.265
72.717	1.107	2.170	8.119	9.822	11.803	13.499	14.457	14.455	13.544	12.028	10.356	9.001	8.318	8.459
72.719	660	1.293	4.366	5.265	6.293	7.157	7.628	7.597	7.099	6.297	5.428	4.736	4.404	4.503
72.737	177	347	4.070	5.027	4.846	4.624	5.048	5.127	5.063	5.061	4.853	4.698	4.159	4.171
72.738	177	347	4.070	5.027	4.846	4.624	5.048	5.127	5.063	5.061	4.853	4.698	4.159	4.171
72.740	177	347	4.070	5.027	4.846	4.624	5.048	5.127	5.063	5.061	4.853	4.698	4.159	4.171
72.741	792	1.553	5.343	6.451	7.621	8.526	8.922	8.714	7.980	6.942	5.897	5.137	4.865	5.141
72.742	653	1.280	4.234	5.141	6.118	6.901	7.291	7.207	6.698	5.922	5.102	4.459	4.156	4.253
72.743	737	1.444	4.878	5.890	7.037	7.996	8.511	8.464	7.898	6.996	6.025	5.258	4.896	5.017
91.621	166	326	1.281	1.442	1.661	1.880	2.040	2.102	2.050	1.902	1.700	1.496	1.346	1.288
91.622	51	100	426	488	558	619	656	661	633	580	517	458	420	411
91.623	106	208	820	922	1.062	1.202	1.305	1.344	1.312	1.217	1.088	958	862	824
91.624	159	312	1.231	1.434	1.663	1.852	1.951	1.934	1.809	1.616	1.410	1.250	1.177	1.211
91.626	78	153	599	674	777	880	955	983	959	889	794	699	629	602
91.627	50	99	411	471	540	602	640	647	621	570	507	449	410	398
91.628	258	505	1.996	2.325	2.696	3.003	3.162	3.134	2.932	2.619	2.286	2.025	1.909	1.964
91.721	33	65	372	371	192	234	395	363	246	304	293	309	320	303

91.722	4	8	45	42	21	29	50	44	29	37	35	39	39	38
91.723	28	55	343	318	177	215	347	329	225	275	265	279	292	273
91.724	18	35	204	194	106	120	207	200	136	168	162	171	176	165
91.726	3	7	42	38	23	28	43	42	27	34	32	37	37	34
91.727	12	23	133	130	66	81	137	129	90	105	101	108	116	106
91.728	34	67	393	389	206	253	418	388	264	326	314	333	341	328

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36: Inventario inicial

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
71061	14.142	13.353	12.381	11.154	9.742	8.189	6.556	5.083	3.414	2.086	1.069	1.601
71062	8.343	7.984	7.540	6.978	6.333	5.621	4.874	4.199	3.436	2.826	2.225	1.877
71063	12.401	11.851	11.172	10.315	9.331	8.247	7.107	6.078	4.913	3.985	3.068	2.537
71064	8.205	8.051	7.861	7.621	7.345	7.042	6.722	6.433	6.107	5.846	5.589	5.441
71065	7.351	6.994	6.555	6.001	5.364	4.664	3.927	3.261	2.508	1.908	1.315	972
71066	7.709	7.319	6.840	6.234	5.538	4.772	3.967	3.241	2.419	1.762	1.113	790
71067	8.711	8.490	8.231	7.918	7.548	7.132	6.693	6.257	5.850	5.489	5.180	4.916
71068	8.431	8.206	7.966	7.654	7.291	6.884	6.452	6.063	5.623	5.278	4.942	4.738
71069	13.230	12.086	10.680	8.903	6.862	4.614	2.251	1.930	1.326	2.211	1.549	2.314
71071	10.626	9.673	8.499	7.016	5.312	3.436	1.465	1.608	1.110	1.843	1.291	1.933
71074	7.435	7.187	6.884	6.503	6.065	5.581	5.073	4.614	4.095	3.682	3.274	3.037
71076	4.488	3.629	2.571	1.236	902	1.027	1.156	1.454	997	1.663	1.169	1.741
71077	13.820	12.103	9.087	6.165	2.433	763	4.267	2.069	2.209	2.933	2.245	3.641
71461	7.111	5.488	2.626	2.222	1.179	758	4.265	2.059	2.214	2.818	2.181	3.542
71462	11.882	6.496	-518	4.302	920	-1.051	9.574	3.299	3.665	5.584	3.779	8.247
71463	8.488	6.985	4.334	2.590	1.600	1.324	4.762	2.525	2.693	3.269	2.618	3.890
71464	9.241	8.237	6.466	4.775	2.543	885	3.182	1.690	1.798	2.177	1.752	2.599
71465	13.726	13.049	11.858	10.725	9.226	7.089	5.608	4.039	2.421	1.463	1.178	1.744
71466	10.765	9.923	8.444	7.032	5.166	2.507	2.664	1.411	1.505	1.824	1.466	2.173
71467	6.484	6.270	5.891	5.527	5.050	4.371	3.899	3.399	2.883	2.427	1.963	1.671
71468	8.065	7.758	7.219	6.707	6.028	5.060	4.388	3.677	2.942	2.295	1.635	1.215
71490	8.549	8.137	7.779	7.437	7.073	6.655	6.169	5.619	5.025	4.419	3.832	3.289
71961	12.115	10.932	9.904	8.923	7.877	6.676	5.278	3.695	1.987	1.063	1.170	1.219
71962	8.105	2.861	2.979	2.529	2.174	1.994	2.021	2.231	2.560	2.919	3.216	3.384
71963	10.647	8.989	7.548	6.174	4.708	3.025	1.066	1.108	1.295	1.489	1.638	1.707
71964	9.394	8.889	8.449	8.030	7.582	7.069	6.472	5.796	5.067	4.322	3.601	2.934

71965	8.763	8.484	8.241	8.009	7.762	7.478	7.147	6.773	6.368	5.955	5.555	5.186
71966	6.093	5.722	5.400	5.092	4.764	4.387	3.949	3.453	2.918	2.372	1.844	1.355
71967	5.884	5.792	5.711	5.634	5.551	5.456	5.345	5.219	5.084	4.946	4.813	4.690
71968	5.955	5.850	5.758	5.669	5.574	5.463	5.334	5.188	5.032	4.873	4.721	4.581
72601	19.729	7.639	3.932	2.842	3.149	4.738	7.178	9.841	12.061	13.302	13.284	12.049
72602	8.188	4.513	2.812	2.742	3.330	4.390	5.616	6.660	7.237	7.201	6.580	5.563
72603	14.578	11.569	7.390	2.245	2.726	3.594	4.597	5.452	5.925	5.895	5.387	4.555
72604	14.956	10.604	4.560	3.247	3.942	5.198	6.649	7.885	8.568	8.525	7.789	6.586
72605	10.978	5.826	1.560	1.149	1.303	1.967	2.963	4.034	4.912	5.385	5.346	4.820
72607	9.677	5.541	3.166	3.088	3.749	4.943	6.322	7.498	8.148	8.108	7.408	6.264
72608	18.340	12.941	5.787	1.352	1.460	2.186	3.332	4.603	5.682	6.309	6.341	5.789
72609	11.180	6.592	1.509	1.066	1.330	2.206	3.433	4.660	5.544	5.850	5.509	4.636
72610	22.307	12.997	3.700	2.488	2.931	4.857	7.686	10.608	12.810	13.706	13.086	11.169
72611	12.118	8.802	4.087	2.703	3.248	4.300	5.553	6.653	7.300	7.329	6.750	5.743
72612	17.930	3.748	4.307	3.197	3.268	4.472	6.513	8.921	11.159	12.744	13.348	12.867
72613	17.533	13.410	7.647	3.153	3.817	5.039	6.463	7.687	8.378	8.358	7.655	6.484
72614	13.467	12.043	10.065	7.359	3.959	2.336	2.873	3.294	3.484	3.398	3.067	2.591
72615	13.202	12.678	11.951	10.957	9.706	8.284	6.817	5.443	4.268	3.343	2.643	2.085
72616	8.577	5.835	2.029	1.994	2.521	3.431	4.431	5.211	5.537	5.320	4.644	3.731
72617	87.418	82.017	74.919	65.516	53.788	40.294	26.009	12.078	5.416	5.978	5.974	5.422
72619	11.349	9.071	5.907	1.700	2.064	2.721	3.481	4.128	4.486	4.464	4.078	3.448
72620	25.890	25.773	25.606	25.375	25.088	24.766	24.444	24.155	23.919	23.741	23.608	23.493
72701	13.355	-614	2.360	1.990	2.977	4.974	7.376	9.498	10.768	10.882	9.870	8.072
72702	13.174	10.247	6.539	1.944	2.009	2.521	3.058	3.485	3.700	3.653	3.365	2.914
72703	13.923	11.336	7.990	3.777	1.777	2.304	2.832	3.217	3.358	3.231	2.885	2.426
72704	8.194	3.150	2.490	2.753	3.540	4.605	5.635	6.345	6.555	6.233	5.497	4.576
72705	8.562	2.098	989	908	1.462	2.463	3.605	4.564	5.082	5.039	4.478	3.584
72707	16.621	12.553	7.247	2.208	2.827	3.678	4.510	5.093	5.278	5.036	4.458	3.724

72708	11.813	5.687	1.026	871	1.312	2.195	3.253	4.183	4.735	4.778	4.327	3.534
72709	10.312	4.049	961	878	1.411	2.378	3.484	4.415	4.919	4.881	4.341	3.478
72710	15.138	6.977	1.363	1.161	1.753	2.933	4.343	5.580	6.313	6.367	5.763	4.703
72711	17.079	12.682	6.940	2.391	3.068	3.991	4.890	5.516	5.709	5.440	4.808	4.011
72712	21.506	6.995	2.480	2.065	3.062	5.118	7.608	9.821	11.161	11.305	10.279	8.430
72713	8.562	5.370	1.641	1.720	2.142	2.773	3.426	3.920	4.128	4.009	3.613	3.065
72714	5.459	3.414	1.040	1.106	1.390	1.801	2.218	2.527	2.648	2.557	2.291	1.934
72715	8.254	6.765	4.881	2.532	1.463	1.781	2.102	2.345	2.451	2.397	2.201	1.915
72716	9.815	7.291	4.091	1.429	1.736	2.179	2.641	3.007	3.189	3.146	2.894	2.503
72717	10.006	4.429	945	792	1.182	1.980	2.941	3.792	4.303	4.353	3.953	3.238
72719	9.700	7.274	4.138	1.318	1.663	2.156	2.651	3.013	3.149	3.032	2.709	2.280
72741	10.241	7.249	3.382	1.660	2.116	2.708	3.268	3.640	3.726	3.512	3.067	2.522
72742	6.524	4.414	1.657	1.685	2.103	2.607	3.058	3.338	3.382	3.192	2.831	2.405
72743	9.649	6.937	3.428	1.474	1.865	2.416	2.969	3.369	3.515	3.379	3.014	2.533
91621	5.559	4.876	4.079	3.125	2.015	791	772	870	924	921	863	767
91622	16.529	16.295	16.018	15.691	15.320	14.923	14.522	14.141	13.798	13.501	13.244	13.016
91623	7.555	7.118	6.608	5.998	5.288	4.504	3.693	2.904	2.183	1.555	1.020	553
91624	8.609	7.952	7.151	6.186	5.085	3.915	2.756	1.686	878	831	740	631
91626	9.348	9.029	8.657	8.211	7.691	7.118	6.525	5.949	5.423	4.965	4.575	4.234
91627	7.746	7.523	7.257	6.942	6.583	6.196	5.804	5.431	5.095	4.803	4.553	4.331
91628	5.640	4.575	3.275	1.710	912	1.105	1.284	1.400	1.422	1.347	1.199	1.022
91721	5.532	5.313	5.095	5.005	4.884	4.648	4.436	4.307	4.136	3.973	3.798	3.616
91722	8.861	8.835	8.810	8.801	8.786	8.757	8.732	8.717	8.696	8.677	8.655	8.633
91723	5.909	5.703	5.516	5.429	5.315	5.107	4.911	4.790	4.633	4.484	4.324	4.155
91724	7.301	7.179	7.066	7.015	6.954	6.830	6.712	6.640	6.545	6.454	6.356	6.255
91726	8.881	8.856	8.833	8.822	8.806	8.780	8.755	8.740	8.720	8.702	8.681	8.659
91727	7.988	7.910	7.834	7.803	7.761	7.680	7.604	7.556	7.498	7.442	7.382	7.316
91728	5.303	5.070	4.840	4.741	4.608	4.357	4.128	3.987	3.802	3.626	3.436	3.240

Fuente: Elaboración propia





72708	3.231	9.777	12.108	13.517	13.664	12.578	10.626	8.395	6.515	5.487	5.548	6.623
72709	5.082	10.207	12.549	13.858	13.825	12.534	10.416	8.105	6.257	5.361	5.614	6.882
72710	4.907	13.037	16.139	18.008	18.195	16.739	14.132	11.157	8.655	7.291	7.381	8.821
72711	-	2.682	9.116	9.970	9.816	8.753	7.127	5.422	4.118	3.556	3.853	4.876
72712	14.115	23.025	28.570	31.982	32.435	29.966	25.415	20.152	15.668	13.160	13.212	15.671
72713	361	5.227	6.490	7.230	7.275	6.649	5.563	4.343	3.332	2.798	2.861	3.470
72714	260	3.382	4.178	4.628	4.626	4.198	3.484	2.697	2.060	1.739	1.806	2.222
72715	-	-	1.697	3.351	3.406	3.159	2.678	2.091	1.547	1.181	1.081	1.265
72716	-	1.301	4.932	5.460	5.518	5.102	4.331	3.406	2.564	2.012	1.881	2.191
72717	3.689	8.876	11.011	12.316	12.478	11.514	9.753	7.724	6.003	5.048	5.080	6.036
72719	-	1.127	4.975	5.494	5.473	4.946	4.086	3.148	2.396	2.027	2.123	2.633
72741	-	3.069	5.961	6.410	6.213	5.446	4.341	3.216	2.385	2.070	2.343	3.109
72742	-	3.484	4.432	4.798	4.684	4.150	3.360	2.540	1.910	1.628	1.750	2.221
72743	-	2.462	5.563	6.131	6.095	5.495	4.529	3.481	2.646	2.244	2.363	2.941
91621	-	-	-	-	1.250	1.330	1.181	979	779	633	579	629
91622	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
91623	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	309	403
91624	-	-	-	-	-	-	123	739	579	509	546	677
91626	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
91627	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
91628	-	-	986	2.091	2.057	1.850	1.532	1.197	938	826	887	1.098
91721	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
91722	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
91723	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
91724	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
91726	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
91727	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
91728	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38: Inventario Corriente

Código	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
71.462	6.496	-518	4.302	920	-1.051	9.574	3.299	3.665	5.584	3.779	8.247	6.087
72.601	7.639	3.932	2.842	3.149	4.738	7.178	9.841	12.061	13.302	13.284	12.049	9.938
72.605	5.826	1.560	1.149	1.303	1.967	2.963	4.034	4.912	5.385	5.346	4.820	3.952
72.608	12.941	5.787	1.352	1.460	2.186	3.332	4.603	5.682	6.309	6.341	5.789	4.806
72.609	6.592	1.509	1.066	1.330	2.206	3.433	4.660	5.544	5.850	5.509	4.636	3.489
72.610	12.997	3.700	2.488	2.931	4.857	7.686	10.608	12.810	13.706	13.086	11.169	8.525
72.612	3.748	4.307	3.197	3.268	4.472	6.513	8.921	11.159	12.744	13.348	12.867	11.437
72.617	82.017	74.919	65.516	53.788	40.294	26.009	12.078	5.416	5.978	5.974	5.422	4.475
72.701	-614	2.360	1.990	2.977	4.974	7.376	9.498	10.768	10.882	9.870	8.072	6.028
72.705	2.098	989	908	1.462	2.463	3.605	4.564	5.082	5.039	4.478	3.584	2.625
72.708	5.687	1.026	871	1.312	2.195	3.253	4.183	4.735	4.778	4.327	3.534	2.637
72.709	4.049	961	878	1.411	2.378	3.484	4.415	4.919	4.881	4.341	3.478	2.549
72.710	6.977	1.363	1.161	1.753	2.933	4.343	5.580	6.313	6.367	5.763	4.703	3.506
72.712	6.995	2.480	2.065	3.062	5.118	7.608	9.821	11.161	11.305	10.279	8.430	6.313
71.077	12.103	9.087	6.165	2.433	763	4.267	2.069	2.209	2.933	2.245	3.641	2.743
71.461	5.488	2.626	2.222	1.179	758	4.265	2.059	2.214	2.818	2.181	3.542	2.634
71.962	2.861	2.979	2.529	2.174	1.994	2.021	2.231	2.560	2.919	3.216	3.384	3.391
72.602	4.513	2.812	2.742	3.330	4.390	5.616	6.660	7.237	7.201	6.580	5.563	4.446
72.603	11.569	7.390	2.245	2.726	3.594	4.597	5.452	5.925	5.895	5.387	4.555	3.640
72.604	10.604	4.560	3.247	3.942	5.198	6.649	7.885	8.568	8.525	7.789	6.586	5.263
72.607	5.541	3.166	3.088	3.749	4.943	6.322	7.498	8.148	8.108	7.408	6.264	5.006
72.611	8.802	4.087	2.703	3.248	4.300	5.553	6.653	7.300	7.329	6.750	5.743	4.599
72.613	13.410	7.647	3.153	3.817	5.039	6.463	7.687	8.378	8.358	7.655	6.484	5.184
72.616	5.835	2.029	1.994	2.521	3.431	4.431	5.211	5.537	5.320	4.644	3.731	2.869
72.619	9.071	5.907	1.700	2.064	2.721	3.481	4.128	4.486	4.464	4.078	3.448	2.756
72.702	10.247	6.539	1.944	2.009	2.521	3.058	3.485	3.700	3.653	3.365	2.914	2.418

72.703	11.336	7.990	3.777	1.777	2.304	2.832	3.217	3.358	3.231	2.885	2.426	1.988
72.704	3.150	2.490	2.753	3.540	4.605	5.635	6.345	6.555	6.233	5.497	4.576	3.737
72.707	12.553	7.247	2.208	2.827	3.678	4.510	5.093	5.278	5.036	4.458	3.724	3.047
72.711	12.682	6.940	2.391	3.068	3.991	4.890	5.516	5.709	5.440	4.808	4.011	3.279
72.713	5.370	1.641	1.720	2.142	2.773	3.426	3.920	4.128	4.009	3.613	3.065	2.525
72.714	3.414	1.040	1.106	1.390	1.801	2.218	2.527	2.648	2.557	2.291	1.934	1.588
72.715	6.765	4.881	2.532	1.463	1.781	2.102	2.345	2.451	2.397	2.201	1.915	1.613
72.716	7.291	4.091	1.429	1.736	2.179	2.641	3.007	3.189	3.146	2.894	2.503	2.074
72.717	4.429	945	792	1.182	1.980	2.941	3.792	4.303	4.353	3.953	3.238	2.422
72.719	7.274	4.138	1.318	1.663	2.156	2.651	3.013	3.149	3.032	2.709	2.280	1.870
72.741	7.249	3.382	1.660	2.116	2.708	3.268	3.640	3.726	3.512	3.067	2.522	2.032
72.742	4.414	1.657	1.685	2.103	2.607	3.058	3.338	3.382	3.192	2.831	2.405	2.032
72.743	6.937	3.428	1.474	1.865	2.416	2.969	3.369	3.515	3.379	3.014	2.533	2.075
71.061	13.353	12.381	11.154	9.742	8.189	6.556	5.083	3.414	2.086	1.069	1.601	941
71.062	7.984	7.540	6.978	6.333	5.621	4.874	4.199	3.436	2.826	2.225	1.877	1.575
71.063	11.851	11.172	10.315	9.331	8.247	7.107	6.078	4.913	3.985	3.068	2.537	2.078
71.064	8.051	7.861	7.621	7.345	7.042	6.722	6.433	6.107	5.846	5.589	5.441	5.312
71.065	6.994	6.555	6.001	5.364	4.664	3.927	3.261	2.508	1.908	1.315	972	674
71.066	7.319	6.840	6.234	5.538	4.772	3.967	3.241	2.419	1.762	1.113	790	464
71.067	8.490	8.231	7.918	7.548	7.132	6.693	6.257	5.850	5.489	5.180	4.916	4.678
71.068	8.206	7.966	7.654	7.291	6.884	6.452	6.063	5.623	5.278	4.942	4.738	4.564
71.069	12.086	10.680	8.903	6.862	4.614	2.251	1.930	1.326	2.211	1.549	2.314	1.358
71.071	9.673	8.499	7.016	5.312	3.436	1.465	1.608	1.110	1.843	1.291	1.933	1.136
71.074	7.187	6.884	6.503	6.065	5.581	5.073	4.614	4.095	3.682	3.274	3.037	2.831
71.076	3.629	2.571	1.236	902	1.027	1.156	1.454	997	1.663	1.169	1.741	1.023
71.463	6.985	4.334	2.590	1.600	1.324	4.762	2.525	2.693	3.269	2.618	3.890	2.894
71.464	8.237	6.466	4.775	2.543	885	3.182	1.690	1.798	2.177	1.752	2.599	1.932
71.465	13.049	11.858	10.725	9.226	7.089	5.608	4.039	2.421	1.463	1.178	1.744	1.299

71.466	9.923	8.444	7.032	5.166	2.507	2.664	1.411	1.505	1.824	1.466	2.173	1.614
71.467	6.270	5.891	5.527	5.050	4.371	3.899	3.399	2.883	2.427	1.963	1.671	1.472
71.468	7.758	7.219	6.707	6.028	5.060	4.388	3.677	2.942	2.295	1.635	1.215	930
71.490	8.137	7.779	7.437	7.073	6.655	6.169	5.619	5.025	4.419	3.832	3.289	2.801
71.961	10.932	9.904	8.923	7.877	6.676	5.278	3.695	1.987	1.063	1.170	1.219	1.202
71.963	8.989	7.548	6.174	4.708	3.025	1.066	1.108	1.295	1.489	1.638	1.707	1.683
71.964	8.889	8.449	8.030	7.582	7.069	6.472	5.796	5.067	4.322	3.601	2.934	2.336
71.965	8.484	8.241	8.009	7.762	7.478	7.147	6.773	6.368	5.955	5.555	5.186	4.855
71.966	5.722	5.400	5.092	4.764	4.387	3.949	3.453	2.918	2.372	1.844	1.355	916
71.967	5.792	5.711	5.634	5.551	5.456	5.345	5.219	5.084	4.946	4.813	4.690	4.580
71.968	5.850	5.758	5.669	5.574	5.463	5.334	5.188	5.032	4.873	4.721	4.581	4.456
72.614	12.043	10.065	7.359	3.959	2.336	2.873	3.294	3.484	3.398	3.067	2.591	2.107
72.615	12.678	11.951	10.957	9.706	8.284	6.817	5.443	4.268	3.343	2.643	2.085	1.547
72.620	25.773	25.606	25.375	25.088	24.766	24.444	24.155	23.919	23.741	23.608	23.493	23.363
91.621	4.876	4.079	3.125	2.015	791	772	870	924	921	863	767	659
91.622	16.295	16.018	15.691	15.320	14.923	14.522	14.141	13.798	13.501	13.244	13.016	12.794
91.623	7.118	6.608	5.998	5.288	4.504	3.693	2.904	2.183	1.555	1.020	553	422
91.624	7.952	7.151	6.186	5.085	3.915	2.756	1.686	878	831	740	631	535
91.626	9.029	8.657	8.211	7.691	7.118	6.525	5.949	5.423	4.965	4.575	4.234	3.914
91.627	7.523	7.257	6.942	6.583	6.196	5.804	5.431	5.095	4.803	4.553	4.331	4.117
91.628	4.575	3.275	1.710	912	1.105	1.284	1.400	1.422	1.347	1.199	1.022	867
91.721	5.313	4.357	4.266	4.146	3.910	3.697	3.568	3.398	3.234	3.060	2.878	2.708
91.722	8.835	8.810	8.801	8.786	8.757	8.732	8.717	8.696	8.677	8.655	8.633	8.612
91.723	5.703	5.516	5.429	5.315	5.107	4.911	4.790	4.633	4.484	4.324	4.155	4.000
91.724	7.179	7.066	7.015	6.954	6.830	6.712	6.640	6.545	6.454	6.356	6.255	6.162
91.726	8.856	8.833	8.822	8.806	8.780	8.755	8.740	8.720	8.702	8.681	8.659	8.640
91.727	7.910	7.834	7.803	7.761	7.680	7.604	7.556	7.498	7.442	7.382	7.316	7.256
91.728	5.070	4.840	4.741	4.608	4.357	4.128	3.987	3.802	3.626	3.436	3.240	3.054

Fuente: Elaboración Propia

## Anexo J: Resultados del modelo categoría A y B, productos determinísticos.

Tabla 39: Resumen productos determinísticos

	Código	Demanda anual	Q	Ordenes al mes	Cajas al mes
Categoría A	72637	147.675	1.452	8	12.306
	72638	147.675	1.452	8	12.306
	72640	147.675	1.452	8	12.306
Categoría B	72737	49.296	839	5	4.108
	72738	49.296	839	5	4.108
	72740	49.296	839	5	4.108

Fuente: Elaboración propia

## Anexo K: Resultados evaluación del modelo, comparación de casos.

Tabla 40: Resultados propuesta

Código	Propuesta	Modelo propuesto en 2016	Modelo TMLUC 2016
71.061	6.297	4.976	11.419
71.062	4.622	3.803	7.874
71.063	6.724	4.973	11.739
71.064	6.614	3.315	6.726
71.065	3.679	3.267	6.811
71.066	3.705	3.798	7.793
71.067	6.532	3.632	8.578
71.068	6.305	3.576	7.864
71.069	4.674	4.186	10.617
71.071	3.694	5.250	11.198
71.074	4.902	3.568	8.078
71.076	1.547	3.067	4.755
71.077	4.222	4.583	11.591
71.461	2.665	4.701	11.934
71.462	4.199	2.695	14.704
71.463	3.290	6.146	11.320
71.464	3.170	5.294	10.821
71.465	5.808	5.289	11.114
71.466	3.810	4.978	11.416
71.467	3.735	3.554	7.803
71.468	4.155	3.794	7.716
71.490	5.686	3.269	6.736
71.961	4.994	5.248	11.239
71.962	2.688	5.156	13.870
71.963	3.369	5.202	10.316
71.964	5.879	3.220	7.377
71.965	6.818	3.638	8.396
71.966	3.514	3.559	7.874
71.967	5.235	3.262	6.571
71.968	5.208	2.917	6.743
72.601	8.329	10.643	24.432
72.602	5.091	8.882	13.601
72.603	5.248	4.109	11.109

72.604	6.568	7.702	14.215
72.605	3.601	3.861	16.534
72.607	5.770	5.767	11.787
72.608	5.049	4.578	13.025
72.609	3.819	3.750	14.418
72.610	8.714	7.860	27.228
72.611	5.589	6.862	14.536
72.612	7.998	12.045	26.104
72.613	6.940	7.632	13.630
72.614	4.715	6.344	12.125
72.615	6.643	5.304	12.993
72.616	3.963	6.542	13.330
72.617	31.824	11.556	48.045
72.619	4.025	5.783	12.970
72.620	24.444	10.109	27.024
72.637	13.068	24.643	21.577
72.638	13.068	20.115	12.460
72.640	13.068	19.532	12.310
72.701	6.182	9.440	12.444
72.702	3.821	5.676	15.342
72.703	3.927	4.738	13.362
72.704	4.593	7.006	17.121
72.705	3.075	4.697	15.522
72.707	4.972	6.417	15.657
72.708	3.211	4.813	14.983
72.709	3.145	4.658	20.948
72.710	4.230	5.104	9.021
72.711	5.227	6.200	8.265
72.712	7.053	8.955	7.458
72.713	3.194	4.643	8.195
72.714	2.043	4.098	12.178
72.715	2.704	4.398	8.237
72.716	3.015	4.449	9.406
72.717	2.861	3.663	8.252
72.719	2.938	4.435	7.736
72.737	4.195	8.548	7.092
72.738	4.195	8.548	14.615
72.740	4.195	8.548	8.043
72.741	3.240	4.455	7.772

72.742	2.725	5.401	6.689
72.743	3.081	4.517	7.172
91.621	1.722	3.467	7.763
91.622	14.439	6.984	6.476
91.623	3.487	3.688	8.974
91.624	3.195	3.655	6.776
91.626	6.358	3.232	7.827
91.627	5.720	3.321	8.989
91.628	1.676	4.442	8.320
91.721	3.711	3.379	6.325
91.722	8.726	3.371	27.658
91.723	4.864	3.396	16.835
91.724	6.681	3.444	16.835
91.726	8.749	3.382	8.645
91.727	7.587	3.131	8.645
91.728	4.074	3.368	8.645

---

Fuente: Elaboración propia