



TESIS DE GRADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

DEFINICIÓN DE LA POLÍTICA DE INVENTARIO DE
ISSUE

AUTOR: FEDERICO FRASCH

LEGAJO 45039

TUTOR: ING. FEDERICO BORSANI

COTUTOR: ING. FEDERICO SPITZNER

2009

RESUMEN

Las empresas que fabrican para inventario, poseen elevados niveles de inversión en stock. Las políticas de stock tradicionales, como de lote económico y revisión periódica, muchas veces no son compatibles con los Planes Maestros de Producción que determinan la producción en el momento adecuado. De ahí surge la necesidad de introducir un nuevo enfoque respecto de las políticas de inventario. A partir de este razonamiento se plantea la reducción de inventarios a través de una mejora en los procesos de pronóstico y la evaluación correspondiente mediante la simulación. La pregunta fundamental que se intenta responder en el desarrollo del trabajo es ¿cómo minimizar el inventario de la compañía garantizando el nivel de servicio al cliente deseado?

ABSTRACT

Make to stock companies, have high levels of investment in stock. Traditional stock policies, such as economic order quantity and periodic review, often do not support the Master Production Schedule to determine production at the right time. Hence the need to introduce a new approach for inventory policies. This issue raises the idea of inventory reduction through improved forecasting processes and the corresponding evaluation by simulation. The main question this paper tries to answer is how to minimize the company stock ensuring the customer service level desired?

INDICE

CAPITULO 1 - DEFINICIÓN DEL OBJETIVO	1
1.1 MARCO GENERAL	1
1.2 CADENA DE SUMINISTRO DE LABORATORIO CUENCA S.A.	1
1.3 RELEVANCIA ECONÓMICA Y OBJETIVO DEL PROYECTO	3
1.4 RESUMEN DEL PROYECTO	4
1.4.1 <i>Discusión del Objetivo</i>	4
1.4.2 <i>Lineamientos Generales</i>	4
1.4.3 <i>Descripción de los capítulos</i>	5
CAPITULO 2 - PLANEAMIENTO DE LA DEMANDA Y DE LA PRODUCCIÓN	7
2.1 INTRODUCCIÓN.....	7
2.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO DE PLANEAMIENTO	7
2.2.1 <i>Planificación de la Demanda</i>	8
2.2.2 <i>Planeamiento de la Producción</i>	9
2.2.3 <i>Período de Congelamiento</i>	10
2.3 IDEAS PRINCIPALES	11
CAPITULO 3 - PLANEAMIENTO DE LA DEMANDA: UN NUEVO PROCESO	12
3.1 INTRODUCCIÓN.....	12
3.2 PROCESO PROPUESTO DE PLANIFICACIÓN DE LA DEMANDA.....	12
3.3 IDEAS PRINCIPALES	14
CAPITULO 4 - EL NÚCLEO DEL NEGOCIO	15
4.1 DETERMINACIÓN DEL NEGOCIO DE LA EMPRESA.....	15
4.2 CLASIFICACIÓN ABC POR PRESENTACIONES.....	19
4.3 CLASIFICACIÓN ABC ÚNICA. COMBINACIÓN DE CRITERIOS.....	21
4.4 IDEAS PRINCIPALES	24
CAPITULO 5 - ANÁLISIS DE LA DEMANDA.....	25
5.1 INTRODUCCIÓN.....	25
5.2 ANÁLISIS DE UNA PRESENTACIÓN	25
5.2.1 <i>Comportamiento de la Demanda</i>	26
5.2.1.1 <i>Impacto de los aumentos de precios</i>	28
5.2.1.2 <i>Descomposición en Series de Tiempo</i>	31
5.2.1.1.1 <i>Tendencia</i>	31
5.2.1.1.2 <i>Estacionalidad</i>	32
5.2.1.1.3 <i>Error Aleatorio</i>	34
5.2.1.1.3.1 <i>Diagrama Q-Q Normal</i>	36
5.2.1.1.3.2 <i>Prueba de Hipótesis de Kolmogorov - Smirnov</i>	37
5.2.1.1.3.3 <i>Prueba de Hipótesis de Anderson - Darling</i>	38
5.2.1.1.3.4 <i>Ajuste de Distribuciones con el Crystal Ball</i>	38
5.3 IDEAS PRINCIPALES	39
CAPITULO 6 - MODELO DE PRONÓSTICO.....	41
6.1 INTRODUCCIÓN.....	41
6.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MODELO	41
6.2.1 <i>Modelo de Suavizamiento Exponencial para estimar la presentación</i>	42
6.2.2 <i>Modelo de Promedios Móviles para pronosticar artículos finales</i>	45
6.3 IDEAS PRINCIPALES	47

CAPITULO 7 - SIMULACIÓN	48
7.1 INTRODUCCIÓN	48
7.2 DESCRIPCIÓN DEL MODELO	48
7.2.1 <i>Simulación de la demanda total de la presentación</i>	48
7.2.2 <i>Simulación de la demanda de artículos finales</i>	49
7.2.3 <i>Stocks resultantes y de seguridad</i>	49
7.2.4 <i>Supuestos del Modelo</i>	50
7.2.5 <i>Variables del Modelo</i>	51
7.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS	53
7.4 IDEAS PRINCIPALES	57
CAPITULO 8 - CONCLUSIONES	58
8.1 CONCLUSIONES GENERALES	58
8.2 FUTURAS AMPLIACIONES	59
ANEXO I	60
ISSUE	60
<i>Polvos decolorantes</i>	60
<i>Tinturas y oxidantes</i>	61
PROFESSIONAL COLOR	62
ANEXO II	63
VALORES CRÍTICOS DEL CONTRASTE KOLMOGOROV – SMIRNOV	63
ANEXO III	64
DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD DEL “PROMEDIO MENSUAL DE CANTIDAD DE ARTÍCULOS CON FALTANTES”	64
DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD DEL “PROMEDIO MENSUAL DEL INVENTARIO TOTAL ARTÍCULO”	65
BIBLIOGRAFÍA	67

CAPITULO 1 - DEFINICIÓN DEL OBJETIVO

1.1 Marco General

Issue Group es una compañía de origen nacional dedicada al desarrollo y elaboración de productos para el cuidado y estética capilar. Sus inicios remiten al año 1976 a partir de la iniciativa de Oscar Villalba y Roberto Hlace para fabricar y comercializar productos cosméticos. A lo largo de más de 30 años la empresa creció rápidamente ampliando sus líneas de productos; entre los mismos se encuentran las tinturas, oxidantes, polvos decolorantes, shampoo y acondicionadores de cabello, entre otros.

La compañía está conformada por 3 unidades de negocios: División Masivos, División Profesional y División Marcas Propias. Posee dos plantas, la casa matriz Laboratorio Cuenca S.A. ubicada en la ciudad de Buenos Aires y Consell S.A., que fue adquirida en el 2006, localizada en Caseros. Además cuenta con tres filiales distribuidoras en el exterior: México, Brasil y Uruguay. Por otra parte sus productos se exportan a la mayoría de los países de Sudamérica y Centroamérica.

Si bien el grupo Issue posee dos plantas, este trabajo se enfocará únicamente en las actividades de la casa matriz, Laboratorio Cuenca S.A. Esto se debe a que Consell S.A. fue adquirida recientemente y presenta otras prioridades respecto de su organización que dificultan la implementación de una política de inventario.

1.2 Cadena de Suministro de Laboratorio Cuenca S.A.

La definición de una política de inventario requiere primero de un entendimiento de diferentes áreas de la empresa tales como Ventas, Compras, Producción, Planificación y Depósitos. En la Figura 1.1 se observa un diagrama general de la cadena de suministro de la empresa. En dicha figura falta incluir el área de Ventas de la compañía, la cual genera una entrada importante para el proceso de Planificación, los estimados de ventas. Esto se observará con mayor detalle en el Capítulo 2.

A continuación se describirá cómo intervienen dichas áreas en la principal operación de la empresa:

1. El sector de Ventas realiza estimaciones anuales del mercado local, y el área de Comercio Exterior pronostica los pedidos a entregar en el próximo año. La diferencia en los criterios de estimación radica en que mercado local está desarrollado, donde se conoce con alto grado de certidumbre el comportamiento de las diferentes familias que componen la cartera de venta de la compañía. Comercio exterior es un mercado en continuo crecimiento donde es difícil que las ventas se ajusten a las estimaciones.

Cadena de Suministro

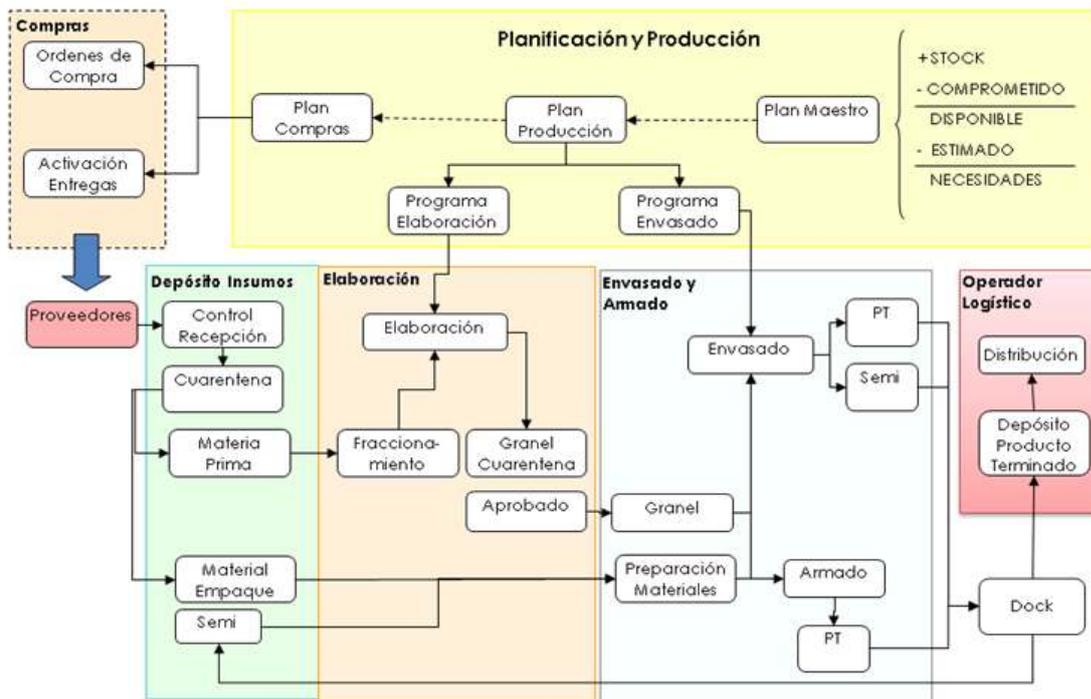


Figura 1.1 Cadena de Suministro de Laboratorio Cuenca S.A.

2. El área de Planificación toma la información de ventas y elabora un plan de producción mensual. En base a éste determina los requerimientos de materiales necesarios.
 - a. El plan de producción se transfiere al sector de Producción, el cual determina el programa diario y lo transmite a planta.
 - b. Por otra parte, los requerimientos de insumos, materias primas y material de empaque se informan al área de Compras, que se contactan con los diversos proveedores para realizar el abastecimiento y el seguimiento de las entregas.
3. El proceso productivo comienza con las órdenes de fabricación emitidas por el área de Producción.
 - a. A partir de ese momento se procesa en reactores el material a envasar que luego se almacenarán en tambores. Al conjunto de tambores cuyo contenido pertenece a una misma elaboración del reactor se lo denomina granel.
 - b. Los graneles se almacenan en depósitos ubicados en la misma planta. Luego éstos se envían al sector de envasado donde se obtiene el producto terminado o semielaborado.
4. Una vez finalizada la elaboración, se envían los productos terminados a un depósito perteneciente al operador logístico que actúa de forma independiente de la empresa. La mercadería se distribuye entre los clientes de Capital y Gran Buenos Aires a través de un operador logístico y al resto del país por medio de

otro. Además, existe cierta mercadería que se reserva exclusivamente para cumplir los pedidos del mercado externo.

1.3 Relevancia Económica y Objetivo del proyecto

Actualmente la empresa posee una inversión promedio de alrededor de 8 millones de pesos en inventarios. En el siguiente gráfico se muestra cómo está distribuida dicha inversión.

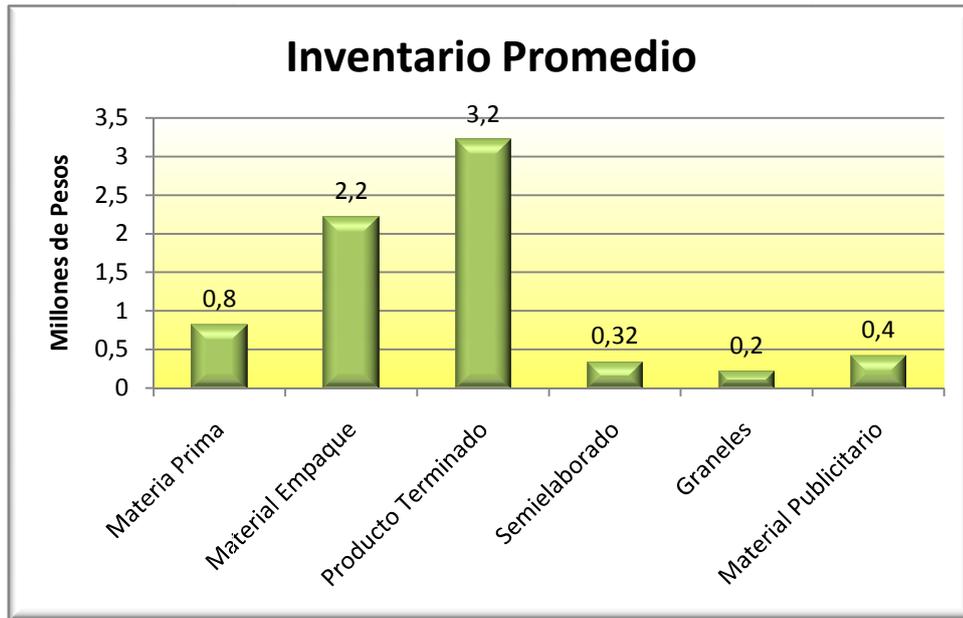


Gráfico 1.1 Inventario Promedio de Laboratorio Cuenca S.A.

A partir de este punto cabe plantear la pregunta ¿Qué proporción de dicho capital es el óptimo para operar con el nivel de servicio al cliente deseado? Es decir, es necesario realizar el análisis de cuánto de este capital se encuentra inmovilizado por la falta de una política de inventario adecuadamente definida. Dicho capital tiene dos costos asociados, el costo de adquisición del dinero para el financiamiento de la empresa y el costo de oportunidad por no hacer rotar dicho stock.

En base a lo expuesto con anterioridad, el objetivo que se plantea para el proyecto final consiste en:

Minimizar el inventario de la compañía garantizando el nivel de servicio al cliente deseado.

1.4 Resumen del Proyecto

1.4.1 Discusión del Objetivo

Anteriormente se estableció que el problema a tratar era financiero. La alta gerencia de la empresa considera que necesita más liquidez a la que tiene actualmente para poder operar con mayor eficiencia. Para obtener una mayor caja existen muchos caminos diferentes a seguir, desde la reducción del personal hasta cambiar un proveedor por otro cuyo precio sea más barato. Probablemente un camino sea más aconsejable que otro y no hay que perder de vista que cada uno de ellos trae consecuencias asociadas tanto positivas como negativas. En el presente trabajo, para resolver el problema planteado se opta por un camino que implica la reducción del capital inmovilizado en inventario. La gerencia observó que existe la posibilidad de que la inversión en stocks sea excesiva debido a la falta de una política de inventario. Por lo tanto, se propondrá una que minimice el capital invertido pero a su vez garantice el cumplimiento de la demanda. Es decir, si se lleva al extremo de no tener existencias la empresa tendrá mucho dinero disponible pero a su vez le será muy difícil cumplir a tiempo con la demanda y seguramente perderá rentabilidad el negocio. Por otro lado, si la empresa cuenta con stocks excesivos podrá atender toda la demanda en tiempo y forma pero deberá inmovilizar un gran capital y esto afectará otras operaciones de la compañía como por ejemplo el pago a proveedores y al personal. Lo anterior presentará serias dificultades para operar con eficiencia en la producción. La política de inventario que se definirá pretende encontrar el equilibrio entre ambas situaciones.

El objetivo de este trabajo se enfocará exclusivamente en definir una política de stock de productos terminados. Esto resulta de observar los niveles de inversión en inventario, en donde sin duda alguna los artículos finales tienen el mayor valor. Se pretenderá establecer cuánto se necesita de stocks para cumplir adecuadamente con la demanda y mantener su inversión al mínimo. Es necesario aclarar que la empresa se encuentra sumergida en un ambiente de fabricación para inventario. Esto significa que se fabrican productos previamente diseñados para almacenarlos y la demanda se satisface directamente desde el almacén.

1.4.2 Lineamientos Generales

Previo a cualquier explicación, es prioritario aclarar que debido a razones de confidencialidad, en el presente trabajo no se especifican los nombres de los productos objeto de análisis. Éstos fueron identificados mediante códigos. Lo mismo sucede con los canales de distribución y los precios a los que se hacen referencia.

En la compañía el stock de producto terminado es el resultado de la planificación de la producción. Este proceso a su vez se encuentra fuertemente ligado a las estimaciones de la demanda. Actualmente dichas estimaciones presentan desvíos considerables respecto de las ventas reales. Esto ocasiona que la producción difiera en gran proporción de la demanda y se produzcan faltantes o excedentes de stock en cada uno de los artículos. Además, al existir esta variación necesariamente se debe resolver haciendo

modificaciones al plan actual. Se conoce que los cambios constantes en la planificación son los más disruptivos para los niveles de inventario (a lo largo de toda la cadena de suministro)¹.

Habiendo identificado estos problemas como los de mayor impacto en el inventario de producto terminado se intentará definir una política a seguir para generar estimaciones de la demanda más precisas y planes estables durante un cierto período de tiempo establecido. Se considera que debido a la situación actual de la empresa el punto clave a mejorar para reducir los inventarios es la planeación de la demanda. En particular, no existe un proceso rigurosamente establecido para la misma ni tampoco uno que integre la planificación de la demanda con el planeamiento productivo y los inventarios resultantes (comúnmente denominado planeación de ventas y operaciones). El siguiente trabajo pretende mostrar un marco general para estos procesos; proponer un método específico para realizar pronósticos de la demanda (a nivel artículo) y por último brindar una herramienta que permita tomar decisiones del stock de seguridad a mantener evaluando el inventario promedio resultante y el nivel de servicio brindado.

1.4.3 Descripción de los capítulos

A lo largo del Capítulo 2 se describen los procesos de planeamiento de la demanda y de la producción actuales de la compañía. Un conocimiento de los procesos principales que determinan la oferta y demanda de productos permitirá entender el contexto sobre el cual se propondrán las mejoras. A partir del análisis de la situación actual surgirán los puntos más débiles que se deben corregir.

En el Capítulo 3 se propondrá un nuevo proceso de planificación de la demanda. A través del mismo se busca establecer los pasos a seguir para obtener mejores resultados en relación a los niveles de inventario promedio mantenidos y el nivel de servicio brindado.

El Capítulo 4 determina las familias y presentaciones más importantes para el negocio de la empresa a través de un análisis ABC en costo, precio y contribución. Estas son las familias a las cuales se deberán prestar una mayor atención a la hora de realizar las estimaciones de demanda o analizar el impacto de las promociones.

A continuación, en el Capítulo 5, se realizará un análisis exhaustivo de la demanda de una determinada presentación. Esta se toma como un ejemplo particular, sin embargo la aplicación de un análisis similar se puede extender a las restantes presentaciones. Se observará con detenimiento la existencia de tendencia y estacionalidad como así también la variabilidad existente, lo cual servirá para simular la demanda.

Al comenzar el Capítulo 6 se establecerá un método de pronóstico general con el fin de reducir la gran variabilidad que hoy presenta el error en las estimaciones. Se utilizará el

¹ Schuster, E.W., S.J. Allen, H.G. Lee, and C. Unahabhokha. "Master production schedule stability under conditions of finite capacity", artículo bajo revisión. *International Journal of Production Research*. Sitio Web oficial de Edmund Schuster, <http://ed-w.info/EWSwebpageREFEREEDJOURNAL.htm>

concepto de agregación de productos por familia y presentación para pronosticar con mayor exactitud².

En el Capítulo 7 se elaborará un modelo de simulación que permitirá la evaluación de distintos stocks de seguridad a mantener. A través del mismo se brindará una herramienta para la toma de decisiones en función de los niveles de inventario promedio resultante y el servicio al cliente requerido. Finalmente en el Capítulo 8 se obtendrán las conclusiones. Las mismas resumirán las decisiones más adecuadas y las estrategias a seguir en base a los supuestos y los procesos establecidos a lo largo del trabajo.

² G. Bitran, D. Tirupati. "Hierarchical Production Planning." *MIT Sloan School Working Paper #3017-89-MS (1989)*

CAPITULO 2 - PLANEAMIENTO DE LA DEMANDA Y DE LA PRODUCCIÓN

2.1 Introducción

En esta sección se describirán los procesos actuales de planificación de la demanda y de la producción de la planta. La necesidad de hacerlo surge debido a que son las actividades centrales que determinan la cantidad de producto terminado que se fabricará en el futuro. Si bien esto no implica el cumplimiento de la demanda real, sí establece cuál será la oferta de producto. Dependiendo de la precisión y la seriedad con la que se haya planificado, se verán resultados positivos o negativos en lo que respecta al nivel de servicio brindado, satisfacer a tiempo la demanda y la inversión en stocks. No obstante, planificar en ambientes donde la demanda es estable y predecible resulta más sencillo que hacerlo cuando es irregular y con grandes picos impredecibles. Por lo tanto, el cumplimiento de la demanda (siempre y cuando se puedan ejecutar adecuadamente los planes estipulados) está sujeto desde un inicio al comportamiento de la misma, y cuán diferente resulta de lo esperado.

El trabajo tiene como uno de sus objetivos establecer los niveles de inversión en stocks mínimos necesarios para cumplir con el nivel de servicio deseado. Para evaluar las distintas alternativas se utilizará la simulación. Justamente lo que se simulará es la demanda, se comparará la misma con los pronósticos realizados y se observarán los desvíos ocurridos. El ciclo de planificación que realiza la empresa determina los períodos de tiempo que se deben tener en cuenta en la elaboración de los pronósticos. La única herramienta que posee actualmente la compañía para planificar es el MPS (plan maestro de producción, de acuerdo a sus siglas en inglés). El presente capítulo se encuentra dedicado a describir dicho proceso, así como también el de planeamiento de la demanda. En definitiva, se pretende mostrar la situación actual de la empresa para luego proponer una mejor alternativa.

2.2 Descripción General del Proceso de Planeamiento

En forma general, los datos de entrada son las estimaciones de ventas de los próximos meses. A su vez, como resultado del proceso se obtiene un plan de producción (MPS) y un plan de abastecimiento. El primero se deriva al sector de programación de la producción para que elabore un plan de fabricación detallado por día. El plan de abastecimiento se envía al sector de compras para que pueda colocar las órdenes de compra necesarias y gestione las fechas de entregas de los insumos con los proveedores. En la Figura 2.1 se pueden observar las áreas principales que intervienen en el proceso de elaboración de los planes así como también las encargadas de ejecutarlos.



Figura 2.1 Marco del proceso de Planificación.

El proceso comienza con los datos de las estimaciones de ventas. Se obtienen los mismos del área comercial. Estos vienen segmentados por canal, según las ventas provengan del mercado local (ML) o del exterior (CE, comercio exterior) y se reciben agrupados por mes a nivel artículo. El área comercial estima la demanda del mercado local y el área de comercio exterior entrega los estimados del mercado exterior. Si bien el mercado local resulta relativamente estable, no es así con el exterior. Este último se caracteriza por una menor cantidad de pedidos muy voluminosos con lo cual cualquier modificación en los mismos genera cambios abruptos en la planificación y el abastecimiento. Cabe recordar que aproximadamente el 20% de las ventas provienen del exterior. Ocurre que estos estimados cambian constantemente: se cancelan pedidos o se producen nuevos con poco tiempo de anticipación. En el mercado local sucede todo lo contrario. Se coloca una gran cantidad de pedidos cada uno con un volumen pequeño de unidades. A pesar de ser una demanda agregada, los estimados que se realizan poseen un gran desvío respecto de la demanda real. Se considera que este error es el que genera la mayor distorsión en los niveles de inventario. Desde esta perspectiva se entiende a la definición de la política de inventario como la determinación de los procesos que involucran las actividades de planeación (tanto de la demanda como productiva) y los stocks de seguridad a mantener.

El siguiente trabajo también tiene el objetivo de mejorar los pronósticos del mercado local estableciendo un procedimiento formal para la planificación de la demanda. Se conoce con certidumbre que mejorar los pronósticos es una forma de disminuir los inventarios³.

2.2.1 Planificación de la Demanda

Actualmente el proceso de planificar la demanda no se encuentra claramente definido. La principal estimación de la misma se produce al inicio del año (coincidente con la elaboración del presupuesto). Cada una de las gerencias comerciales pronostica a nivel artículo las unidades a vender del próximo año calendario. Este estimado anual se va modificando a medida que transcurre el tiempo pero sin una frecuencia determinada y además esta revisión se realiza sólo para ciertos artículos que presentaron grandes desvíos. En general se observa el dato del mismo mes que se pretende pronosticar, pero

³ Sunil Chopra, Peter Meindl. "Administración de la cadena de suministro. Estrategia, Planeación y Operación." Prentice Hall, 3 ed.

del año anterior, y se adiciona o sustrae al mismo un porcentaje de acuerdo a la tendencia detectada y acciones tomadas en relación al precio.

La realidad es que la frecuencia de revisión de los pronósticos por parte de la gerencia comercial es baja, muchas veces recién se cambian algunos estimados luego de 4 meses sin la retroalimentación que requiere el proceso de planeación de la producción.

Por estos motivos el encargado de planear la planta modifica los estimados según cómo hayan resultado las ventas de los meses anteriores. Si bien esta acción puede resultar en un mejor pronóstico que el que se encuentra definido, sigue sin tener en cuenta las promociones generalizadas, bonificaciones y descuentos a cada canal, aumentos de precios de lista, y acciones similares. Cuando las mismas no se ven reflejadas en los estimados de ventas, los desvíos del pronóstico pueden llegar a ser considerables.

2.2.2 Planeamiento de la Producción

El proceso de planificación de la producción se encuentra establecido y mucho mejor definido que el de planificación de la demanda. Es un proceso cíclico que se repite todos los meses. A su vez, cada plan se realiza con un horizonte temporal de 4 meses aproximadamente. Comienza tomando los estimados mensuales de cada artículo, agregándolos y llevándolos a períodos semanales. Luego se dividen los estimados mensuales de manera proporcional a la cantidad de días hábiles que posee cada semana. El último paso implica adelantar los estimados de demanda del mercado local por 1 semana y del mercado exterior por 2 semanas. Esto se hace a modo de generar una protección contra los desvíos en las entregas de los proveedores y las variaciones en los estimados. Hay que tener en cuenta que la planta no opera con Stocks de Seguridad definidos y cualquier imprevisto puede generar faltante si no se toma algún recaudo.

Luego se carga la demanda semanal al sistema de planificación. El mismo traduce dichos estimados en órdenes de fabricación (OF). Se adelantan o atrasan las OF de forma tal que se eviten los picos de producción, teniendo en cuenta la capacidad de las máquinas y de mano de obra. Los picos se producen generalmente debido a ciertas demandas puntuales de comercio exterior y se encuentran restringidos por la capacidad máxima de producción que poseen las máquinas. La manera de evitar superar dicha capacidad es anticipando la producción de las semanas que no se podrán cumplir, acumulando inventario temporalmente. Una vez que los picos productivos han sido acomodados se debe observar que sea posible cumplir con la capacidad de mano de obra. Esto se hace en último lugar porque resulta más flexible que la restricción de las líneas. En caso de superar la dotación estable se puede llegar a recurrir a la contratación de personal temporario u horas extras.

Cuando finalice la última etapa, se obtendrá finalmente el plan de OF a producir en los próximos 4 meses (MPS). El MPS se vuelve a cargar al sistema para determinar el plan de requerimientos de materiales (MRP). El resultado final de esta nueva corrida son las necesidades de materias primas y materiales de empaque para realizar en tiempo y forma las OF. Los requerimientos de materiales se traducen luego en órdenes de compra

(OC). A partir del surgimiento de las nuevas necesidades se pueden adelantar (o atrasar en caso de que exista acumulación de stock de insumos) las entregas futuras o confirmar nuevas órdenes de compra a colocar para abastecer la planta (principalmente de material de empaque y materias primas).

Una vez finalizado el proceso, se dedica tiempo a controlar y gestionar el seguimiento de los materiales y los productos terminados a lo largo de los diferentes depósitos en el sistema informático de la compañía. Se verifican diariamente los niveles de stock. En caso de que exista algún faltante de producto en el operador logístico resulta fundamental analizar si ya hay producto terminado disponible que esté en otro depósito e intentar hacerlo llegar lo más rápido posible al operador. En caso contrario (hay faltantes y no se encuentra disponible el producto terminado) se debe comunicar a producción la situación. Ellos informan en qué momento se va a producir el artículo y se discute si se puede adelantar o no. Hay que considerar que esto implica adelantar la recepción de los materiales que sean necesarios. Muchas veces esto no es posible debido a que el proveedor no puede adelantar entregas.

2.2.3 Período de Congelamiento

Hasta el momento hemos descrito el proceso de planeamiento en sí, sus entradas, salidas. Se aclaró que el horizonte de la planificación de la producción es de alrededor de 4 meses (entre 16 y 18 semanas). Sin embargo el proceso mismo se repite con una frecuencia que varía entre 1 y 2 meses. Este es justamente el período de congelamiento de los planes. El tiempo establecido es el que se debe sincronizar sin duda con el ciclo del proceso de planeación de la demanda. De esta manera se logran pronósticos más certeros a la hora de realizar un nuevo plan productivo. El horizonte temporal sirve para ir planeando las compras, los ingresos de la planta y comunicar con tiempo a los proveedores, más allá de que luego los planes puedan ser modificados. El período de congelamiento de los planes genera la estabilidad de la producción por un lado y por otro permite que se obtengan los materiales sin ningún problema, de acuerdo a lo pautado. Si no existiera, sería imposible obtener a tiempo el material de empaque y la materia prima necesaria de una semana para la otra.

Los planes de producción se mantienen vigentes mientras no exista en dicho período ningún acontecimiento que distorsione de manera significativa los planes. Por ejemplo, si surge uno o varios pedidos de gran volumen para comercio exterior es probable que impacten en la capacidad productiva de la planta y se deba hacer algún cambio. Lo mismo ocurriría si un cliente da de baja un pedido importante. En general estas modificaciones ocurren con el mercado externo debido a que las exportaciones manejan pocos pedidos con grandes volúmenes de producto. El mercado interno se compone en su mayoría por pedidos pequeños de muchos clientes diferentes, por lo tanto un cambio en algún pedido no desvía demasiado la realidad de los planes productivos. Es decir, la planificación no se modificará mientras la demanda real se mantenga con cierto margen dentro de los estimados realizados. La mayoría de las veces que ocurre un aumento

considerable en la demanda el impacto es tal que resulta imposible cumplir a tiempo con la misma debido a que los proveedores no llegan a entregar los insumos necesarios. En los casos en que ocurra una disminución de la demanda se produce un exceso de inventario debido a que ya se pidieron los materiales y resulta difícil frenar el aprovisionamiento. Estos imprevistos son los que provocan quiebres de stocks (significando un deterioro del nivel de servicio) o la acumulación de inventarios (lo cual implica una mayor inversión inmovilizada).

2.3 Ideas Principales

- Los mayores problemas existentes en los procesos descritos ocurren en la planeación de la demanda. Los mismos se basan en la falta de un proceso correctamente establecido para pronosticar la demanda.
- Debido a la poca frecuencia de revisión de los estimados, el sector de planeamiento los modifica de acuerdo a la historia reciente de ventas sin tener en cuenta el panorama completo.
- Los problemas descritos derivan en un mayor stock promedio mantenido a lo largo de los meses, con el fin de cubrir los desvíos en los estimados.

CAPITULO 3 - PLANEAMIENTO DE LA DEMANDA: UN NUEVO PROCESO

3.1 Introducción

En el siguiente capítulo se pretende mostrar un nuevo proceso de planificación de la demanda. El mismo no se debe entender solamente como la elaboración de los pronósticos sino como un ciclo que involucra consenso entre distintas áreas de la empresa y que será un input principal para otros departamentos, sobre todo los relacionados con la producción e inventario.

A su vez, se debe entender el proceso aquí descrito como parte de otro más general, denominado Planeación de Ventas y Operaciones (S&OP, por sus siglas en inglés). Es decir, este último asegura que los planes de la demanda se encuentren en equilibrio con los de la oferta, determinando las tasas de producción, niveles de mano de obra y existencias en inventario que concuerdan con los pronósticos de demanda y restricciones de capacidad. No obstante para lograr una buena implementación del S&OP se debe tener establecido a priori un excelente proceso de planificación de la demanda.

3.2 Proceso propuesto de Planificación de la Demanda⁴

El ciclo del proceso se repetirá con un período mensual, comenzando y finalizando a mediados de cada mes. Este lapso de tiempo se definió teniendo en cuenta la frecuencia con la que se realizan los planes productivos. Se asignará una persona responsable de llevarlos a cabo en el puesto de planeador de la demanda, no obstante, varios sectores y gerentes deben revisar el estimado final antes de que éste sea aprobado. En cada uno de estos ciclos se ejecuta una secuencia de pasos que deben cumplirse, los cuales se encuentran numerados en la Figura 3.1.

Proceso de Estimación



Figura 3.1 Pasos del Proceso de Estimación

⁴ El proceso de estimación está basado en L. Krajewski, L. Ritzman y M. Malhotra "Administración de Operaciones. Procesos y cadenas de valor." Prentice Hall, 8va ed.

Las distintas etapas se detallan a continuación.

- 1) El proceso comienza a mediados de mes con la actualización del archivo de historial. A fin de mes se registran las demandas reales, efectuando la revisión de los pronósticos. El archivo representa la base de datos fundamental para realizar los estimados e incluye lo siguiente:
 - a. Pronósticos finales de cada ciclo.
 - b. Demanda real histórica (en función a los pedidos recibidos, no las ventas), segmentada y agrupada según todos los rubros necesarios (canal, región, clientes, etc.).
 - c. Errores de pronóstico y su seguimiento. Se deben hacer aclaraciones cuando existe un comportamiento de la demanda no esperado debido a aumentos de precios, promociones especiales o liquidaciones.
 - d. Información de los planes históricos de acciones comerciales. Por ejemplo variaciones de precios, promociones, comportamiento de los competidores, investigaciones de mercado, perspectivas económicas, clasificación ABC de las presentaciones, etc.
 - e. Información de fuentes varias como estimaciones de vendedores, lanzamientos de nuevos productos.
- 2) Se realizan los pronósticos iniciales. A través de un método formal (como el presentado en el capítulo 6) se pueden hacer pronósticos en base a los datos históricos. También se deberán ajustar los parámetros del modelo para obtener los mejores resultados posibles. Además es necesario evaluar la posibilidad de utilizar otros métodos que ajusten mejor. Esto último no es preciso realizarlo en cada ciclo, pero sí resulta útil luego de transcurridos varios meses. Después de elaborar los pronósticos en base a los datos históricos se deben revisar de acuerdo al juicio del planeador (aplicando un análisis similar al realizado en el capítulo 5). La información adicional proveniente de las fuentes mencionadas en el paso 1 se incluirá en la elaboración del estimado inicial. Se asignará un mayor tiempo y dedicación a los pronósticos de las presentaciones más importantes establecidas a través de una clasificación ABC (la cual se actualiza con cierta periodicidad). Se describe esta última a lo largo del capítulo siguiente y sirve para enfocar los esfuerzos en los productos que más impacto tienen en el negocio de la empresa.
- 3) Se efectúan reuniones con los sectores involucrados. Estos serían marketing, ventas, finanzas y planeación de la producción. Las estimaciones y las explicaciones correspondientes son expuestas para su análisis. Los principales responsables de cada sector aportarán su propia perspectiva la cual será de utilidad en el próximo paso. El objetivo es llegar a un acuerdo entre todas las partes sobre las unidades pronosticadas. Es fundamental para luego evitar roces entre los distintos departamentos y además validar la perspectiva inicial del planeador de la demanda.

- 4) En esta etapa los aportes realizados en las reuniones son utilizados para revisar los estimados iniciales. Los mismos se ajustan para incluir dichas observaciones que fueron aceptadas por consenso.
- 5) Se presentan los estimados revisados a la gerencia de operaciones. Nuevamente se ve involucrado el personal de planeamiento de la producción pero ahora también se incluye al sector de programación. La gerencia aprobará los estimados finales siempre y cuando esté de acuerdo y se comprometa con los mismos. Cualquier objeción será tenida en cuenta. La importancia de este paso radica en que el área productiva es la que más utiliza los pronósticos realizados.
- 6) De acuerdo a las decisiones de la gerencia de operaciones se obtiene un conjunto final de pronósticos, los cuales son comunicados con rapidez a los usuarios e interesados.

El hecho de considerar a las estimaciones como un resultado de un proceso claramente definido facilita la reducción de errores y fomentará mejores relaciones entre los distintos departamentos. El proceso aquí incluido introduce los pasos a seguir que permitirán la reducción de los inventarios a través de menores desvíos en las estimaciones. En el resto del trabajo se proporcionan herramientas claves que son utilizadas en este proceso: la clasificación ABC (capítulo siguiente), un análisis simple de la demanda (primera parte del capítulo 5) y un modelo de pronóstico (capítulo 6). No se debe olvidar que se realizará también una simulación con el objetivo de evaluar los distintos niveles de servicio y existencias de inventario resultantes.

3.3 Ideas Principales

- Para efectuar un pronóstico es necesario tener en cuenta diversas fuentes de información (basarse tanto en datos históricos como en juicios creados a partir de información adicional).
- Es importante lograr consenso entre las distintas áreas.
- Considerar los pronósticos como un ciclo que se deben retroalimentar periódicamente para evitar una desactualización y reducir los desvíos.

CAPITULO 4 - EL NÚCLEO DEL NEGOCIO

4.1 Determinación del negocio de la empresa

Para comenzar cualquier tipo de análisis, resulta fundamental conocer cuál es el núcleo del negocio de la empresa. De todos los artículos que se ofrecen al mercado (tanto externo como interno) ¿cuáles son los que representan la mayor parte de la ganancia permitiendo la supervivencia de la empresa? Antes de efectuar el análisis es preciso remarcar nuevamente que nos concentraremos en los productos que fabrica únicamente Laboratorio Cuenca S.A.

Para conocer en profundidad el verdadero negocio de la empresa se obtuvo un listado de las ventas de los productos terminados y de reventa que comercializó Laboratorio Cuenca S.A. a lo largo del año 2008. A su vez, se consiguieron los costos y precios (a diciembre del 2008) de dichos artículos para poder determinar su participación en las ganancias totales de la empresa. Cabe aclarar que los precios obtenidos son los de lista, lo cual implica que no son los que realmente pagan los clientes ya que se omiten los descuentos ofrecidos.

Lo primero que se debe reconocer es que la empresa elabora distintas marcas. La Marca 1, está enfocada al consumo masivo principalmente. La Marca 2 cubre la división profesional, como por ejemplo las peluquerías. Otro negocio resulta de fabricar productos bajo las marcas de otras compañías, comprando todos los materiales y vendiendo el producto terminado. Además, la empresa también brinda servicios de envasado a terceros. El cliente proporciona los materiales, la empresa fabrica el producto y los envía nuevamente al mismo. Por último, la empresa tiene el rol de distribuidor oficial (en Argentina) de otras marcas, que se importan desde otros países.

En la Tabla 4.1 se puede observar una gran diferencia de la Marca 1 por sobre las demás, tanto en su porcentaje de contribución (precio de venta menos el costo del artículo) como en los costos y las ventas. La Marca 2 queda claramente en el segundo lugar en los tres aspectos, muy por debajo de la Marca 1, pero también con una importante diferencia por sobre el resto. Por lo tanto, en una primera mirada, se puede concluir que la empresa se sostiene mediante estas dos marcas, las cuales se deben analizar más detalladamente. Los porcentajes observados en la tabla resultaron de tres sencillas cuentas mostradas a continuación.

$$Costos = \sum \frac{Venta\ anual_i \times costo\ unitario_i}{Venta\ anual\ Total} \quad (4.1)$$

$$Ventas = \sum \frac{Venta\ anual_i \times precio\ unitario_i}{Venta\ anual\ Total} \quad (4.2)$$

$$Contribución = \sum \frac{Venta\ anual_i \times (precio\ unitario_i - costo\ unitario_i)}{Venta\ anual\ Total} \quad (4.3)$$

En este análisis se consideró la venta anual de cada artículo durante el año 2008. A su vez, se clasificó a cada uno de ellos dentro de su marca correspondiente. Por último se sumó para cada marca todos los artículos que la integraban. Estas mismas fórmulas serán utilizadas más adelante cuando se observen las familias y presentaciones más relevantes para la empresa.

Cabe destacar algunas particularidades sobre los servicios de envasado a terceros y los productos de reventa. Los primeros prácticamente no tienen costo alguno y realizan un aporte considerable tanto a las ventas como a la contribución (se encuentran en tercer lugar). Esto ocurre debido a que los materiales se reciben del cliente. Si bien es un negocio importante y no se debe dejar de darle cierta prioridad, no existe ninguna posibilidad de minimizar la inversión en inventario ya que es el cliente quien entrega los materiales necesarios en el momento en que precisa la fabricación de los productos. Por lo tanto dichos productos no se incluirán en nuestro análisis. Por otro lado, los productos de reventa tienen un costo relativamente alto comparado con su aporte a las ventas y a la contribución. Esto resulta lógico debido a que se compra el producto terminado (alto costo). Con dichos artículos sí se debe tener sumo cuidado a la hora de definir su política de inventario, ya que implicarán una inversión considerable para cada producto.

Marcas	Contribución	Ventas	Costos
Marca 1	83,63%	81,16%	76,28%
Marca 2	9,33%	9,96%	11,24%
Servicio Envasado	3,39%	2,49%	0,00%
Marca 3	1,32%	1,61%	2,14%
Marca 4	0,78%	0,71%	0,47%
Prod. Reventa	0,51%	1,40%	3,44%
Marca 5	0,33%	0,49%	0,82%
3ro Marca 1	0,25%	1,28%	3,65%
3ro Marca 2	0,19%	0,33%	0,63%
3ro Marca 3	0,12%	0,21%	0,41%
Marca 6	0,07%	0,22%	0,56%
3ro Marca 4	0,05%	0,10%	0,22%
Marca 7	0,01%	0,05%	0,14%
Total general	100%	100%	100%

Tabla 4.1 Porcentajes del total por Marcas.

Sin duda alguna, las marcas 1 y 2 son las que representan el negocio principal de la empresa. Es por esto que se las debe cuidar y establecer un nivel de servicio al cliente acorde. Se continuará el análisis a partir del siguiente interrogante, ¿Qué tipos de productos se venden dentro de cada marca? Para averiguarlo se realizó una nueva clasificación agrupando en familias los artículos de cada marca. Una familia abarca un conjunto de productos que comparten ciertas características. Podemos citar como

ejemplo las tinturas (se agrupan todos los diferentes tonos), oxidantes, polvos decolorantes, shampoos, acondicionadores, etc.

Se muestran en la Tabla 4.2 sólo las dos marcas más importantes (1 y 2) y las familias que las componen. Como se podrá observar, la familia 1.1 representa casi el 80% de la contribución total de la Marca 1. En segundo lugar se encuentra la familia 1.2. Podríamos concluir que estas dos familias son las más relevantes, sin embargo estaríamos perdiendo de vista un punto importante. Si se presta cierta atención a la columna de costos, se puede ver que la familia 1.9 representa un poco más del 10% del total. Este porcentaje resulta elevado considerando que su aporte a las ventas y a la contribución es muy bajo.

Marcas - Familias	Contribución	Ventas	Costos
Marca 1	83,63%	81,16%	76,28%
Familia 1.1	66,01%	60,94%	42,20%
Familia 1.2	7,49%	7,63%	7,23%
Familia 1.3	3,85%	4,37%	5,22%
Familia 1.4	1,54%	2,61%	4,97%
Familia 1.5	1,21%	1,37%	1,64%
Familia 1.6	0,92%	1,04%	1,22%
Familia 1.7	0,83%	0,71%	0,36%
Familia 1.8	0,70%	0,94%	1,43%
Familia 1.9	0,56%	0,83%	10,81%
Familia 1.10	0,46%	0,60%	0,90%
Familia 1.11	0,07%	0,10%	0,15%
Familia 1.12	0,00%	0,01%	0,04%
Familia 1.13	0,00%	0,00%	0,11%
Marca 2	9,33%	9,96%	11,24%
Familia 2.1	7,96%	7,99%	7,24%
Familia 2.2	0,73%	0,65%	0,39%
Familia 2.3	0,26%	0,68%	2,34%
Familia 2.4	0,16%	0,22%	0,33%
Familia 2.5	0,08%	0,08%	0,07%
Familia 2.6	0,06%	0,19%	0,47%
Familia 2.7	0,05%	0,10%	0,30%
Familia 2.8	0,02%	0,05%	0,10%
Familia 2.9	0,00%	0,00%	0,00%

Tabla 4.2 Porcentajes del total por Familias.

Es pertinente aclarar que las familias 1.9 y 2.3 comprenden bienes cuya importancia no puede ser dejada de lado. Esto es así, debido a que los productos de las familias 1.1 y 2.1 precisan de los mismos para ser utilizados por el consumidor, por lo cual es habitual que estos productos sean adquiridos simultáneamente (bienes complementarios). Por esta razón, la mayoría de los productos de la familia 1.9 y 2.3 son bonificados. Esto

consiste en otorgar de forma gratuita (o a un precio muy bajo) un producto de dichas familias por cada producto de la familia 1.1 o 2.1 vendido. Si los productos de las familias 1.9 y 2.3 no se encuentran disponibles las ventas de las familias 1.1 y 2.1 se podrían ver perjudicadas. Por lo tanto su importancia no se encuentra tanto en los ingresos que origina, sino que radica en las ventas que estimula. Los artículos de la familia 1.2, si bien no son utilizados en todos los casos en que se aplican los productos de la familia 1.1, son requeridos en ciertas ocasiones particulares.

Dentro de la Marca 2 ocurre una situación similar a la de la Marca 1. La familia 2.1 aquí representa alrededor del 85% de la contribución total de la marca. Si bien en este caso la familia 2.3 queda posicionada en tercer lugar en cuanto a las ventas y a la contribución, los costos siguen siendo muy altos, debido a lo que se explicó anteriormente.

En base a lo expuesto, podemos decir que las tres familias mencionadas (1.1, 1.2 y 1.9), sustentan la actividad de la empresa. No obstante, uno podría preguntarse qué ocurre dentro de cada una de ellas.

Los productos llegan al mercado en forma de distintas presentaciones. Por ejemplo, las tinturas se pueden vender como 10 sachets de 47g (cada uno) dentro de un estuche (caja de cartón contiene las unidades) o en blíster (PET sellado) combinando una tintura y un oxidante junto con un guante, y un pequeño shampoo y acondicionador. En el ANEXO I se pueden observar fotos de las presentaciones que integran las familias más relevantes. El comportamiento de la demanda de las presentaciones puede llegar a exhibir un patrón estable en el tiempo, más allá de que cada una incluya varios artículos diferentes (y que cada producto posea su propio comportamiento particular). Resulta interesante analizar cuánto aporta realmente cada presentación a la compañía y cuáles son sus costos.

La Tabla 4.3 muestra cada familia abierta por presentación (sólo para las familias y marcas más representativas). Se incluyen las columnas de contribución, ventas y costos como se hizo anteriormente y además se agregó una cuarta columna que contiene la cantidad de artículos diferentes que posee cada presentación. Sin duda alguna, en la Marca 1 la presentación 1.1.1 retiene la mayoría de porcentaje en la contribución, las ventas y los costos. Como se puede observar en la columna de cantidad de artículos, la presentación mencionada posee 42 distintos. Con la familia 1.2 no ocurre la misma situación. Por un lado la cantidad de artículos es considerablemente menor, por otro la contribución está dividida principalmente entre las presentaciones 1.2.1 y 1.2.2. No obstante, la presentación 1.2.3 se lleva más de la mitad de los costos. La familia 1.9 constituye una situación particular. Se deberá prestar atención a la presentación 1.9.5 ya que la misma contiene la mayor parte de los costos. En la marca 2 la presentación 2.1.1 obtiene sin duda alguna, la mayoría de los porcentajes en los tres aspectos analizados.

Marcas-Flias-Presentación	Contribución	Ventas	Costos	Cantidad de Artículos
Marca 1	83,63%	81,16%	76,28%	486
Familia 1.1	66,01%	60,94%	42,20%	317
Presentación 1.1.1	40,24%	34,90%	18,20%	42
Presentación 1.1.2	8,96%	7,62%	3,55%	42
Presentación 1.1.3	6,61%	6,55%	5,72%	42
Presentación 1.1.4	6,46%	6,97%	7,51%	40
Presentación 1.1.5	2,50%	3,26%	4,80%	39
Presentación 1.1.6	0,66%	1,04%	1,84%	39
Presentación 1.1.7	0,55%	0,56%	0,54%	40
Presentación 1.1.8	0,04%	0,04%	0,03%	33
Familia 1.2	7,49%	7,63%	7,23%	17
Presentación 1.2.1	2,83%	2,55%	1,64%	6
Presentación 1.2.2	2,70%	2,43%	1,49%	3
Presentación 1.2.3	1,89%	2,58%	4,01%	7
Presentación 1.2.4	0,06%	0,07%	0,08%	1
Familia 1.9	0,56%	0,83%	10,81%	11
Presentación 1.9.1	0,26%	0,31%	0,40%	2
Presentación 1.9.2	0,23%	0,45%	0,92%	4
Presentación 1.9.3	0,07%	0,07%	0,08%	2
Presentación 1.9.4	0,00%	0,00%	0,01%	1
Presentación 1.9.5	0,00%	0,00%	9,40%	2
Marca 2	9,33%	9,96%	11,24%	152
Familia 2.1	7,96%	7,99%	7,24%	114
Presentación 2.1.1	7,01%	7,09%	6,56%	80
Presentación 2.1.2	0,95%	0,90%	0,69%	34
Familia 2.2	0,73%	0,65%	0,39%	6
Presentación 2.2.1	0,73%	0,65%	0,39%	6
Familia 2.3	0,26%	0,68%	2,34%	8
Presentación 2.3.1	0,26%	0,64%	1,50%	7
Presentación 2.3.2	0,00%	0,04%	0,84%	1

Tabla 4.3 Porcentajes del total por Presentación.

4.2 Clasificación ABC por Presentaciones.

En el análisis anterior se pudo identificar claramente cuáles eran las marcas, familias y presentaciones más importantes en lo que respecta al núcleo del negocio de la compañía. El resto de las familias sirven para ampliar la oferta de la empresa pero no sustentan las operaciones de la misma.

El objetivo que persigue la clasificación es agrupar las presentaciones según un criterio determinado. Dichos grupos (A, B y C) servirán más adelante para establecer las distintas políticas de inventario. Por ejemplo, los “A” quedarán definidos como los artículos más importantes para la compañía. En ningún caso debería ocurrir que se produzcan faltantes de este tipo de productos ya que esto perjudicaría de manera grave los ingresos. Por otro lado, esta clasificación representa el grupo con el costo más

elevado. En caso de existir un exceso de stock los niveles de inversión se dispararían. Por lo tanto, resulta imprescindible especificar adecuadamente el inventario a mantener en dichas presentaciones. Los “B” son artículos de importancia intermedia que si bien no deberían ser descuidados es posible disminuir la inversión en ellos, definiendo por ejemplo un menor nivel de servicio al cliente que para los “A”. Por último los artículos “C” podrían llegar a tener un desempeño pobre para satisfacer la demanda y esto no afectaría demasiado los ingresos de la compañía (es probable que sí afecte la imagen, pero dejaremos este aspecto de lado en nuestro modelo). Sin embargo, el ahorro de inversión que se podría llegar a obtener por la disminución del nivel de servicio en dichos artículos es muy bajo. Poder categorizar las distintas presentaciones en grupos diferentes permitirá tomar decisiones certeras a la hora de definir los niveles de servicio, las restricciones de inversión y los stocks de seguridad.

Para finalizar nuestro análisis sobre los productos que se fabrican resta realizar una clasificación ABC unificada de Marca-Familia-Presentación por contribución y costo. Luego se consolidarán estos últimos dos criterios para llegar a una clasificación única.

Antes de comenzar el análisis se debe dejar en claro el procedimiento utilizado para armar la clasificación ABC según el costo. Se comenzó por ordenar los productos por su costo en forma descendente. Luego se calculó el porcentaje del costo que representa cada presentación y por último se obtuvo un porcentaje acumulado. Para clasificar una presentación como A, se consideró como límite un porcentaje acumulado de 70% del costo total. Las presentaciones B se encuentran comprendidas entre el 70% y el 95%. Los resultados obtenidos permiten realizar una importante observación: dentro de las primeras 10 presentaciones, 9 corresponden a la Marca 1. Además, la mitad de las mismas son de la familia 1.1. Esto confirma nuestras conclusiones anteriores. Pero a pesar de que la familia 1.1 se destaca respecto del resto, la presentación 2.1.1 se ubica dentro de las 5 primeras más importantes. En la Tabla 4.4 se muestra qué porcentaje de la cantidad de presentaciones acumula el porcentaje del costo definido en la clasificación.

Clasificación por Costo	Porcentaje del Costo	Porcentaje de Cantidad
A	70%	14%
B	25%	34%
C	5%	52%
Total general	100%	100%

Tabla 4.4 Resumen Clasificación ABC por Costo

Esta clasificación persigue la idea de identificar las presentaciones más costosas para enfocar la atención en ellas. De esta manera se podrá definir una política que minimice la inversión en las mismas, siempre y cuando no se perjudique el nivel de servicio estipulado para cada una.

En el caso de la clasificación por contribución se fijó un máximo de 85% del porcentaje acumulado de la contribución en la categoría A y de 95% en la B.

Esta clasificación permite llegar a una conclusión similar a la obtenida anteriormente, ya que considerando los artículos con mayor contribución, encontramos que pertenecen principalmente a la Marca 1. De las once presentaciones A, nueve son de la Marca 1, una es la presentación 2.1.1 de la Marca 2 y el restante corresponde a productos de servicio de tercerización. Las presentaciones que aparecen en cada grupo resultan a primera vista las mismas que en la clasificación por costo. No obstante más adelante se observará que esto no ocurre exactamente así. En la Tabla 4.5 se muestra de manera similar a la clasificación anterior el porcentaje de la cantidad de presentaciones que acumula el porcentaje de contribución establecido inicialmente.

Clasificación por Contribución	Porcentaje de Contribución	Porcentaje de Cantidad
A	84%	11%
B	11%	18%
C	5%	71%
Total general	100%	100%

Tabla 4.5 Resumen Clasificación ABC por Contribución

La clasificación por contribución establece principalmente la distinción entre las presentaciones fundamentales para los ingresos de la compañía y las que no resultan relevantes en dicho aspecto. Por lo tanto, se observan las mismas presentaciones pero desde otro punto de vista. En este caso se debería invertir fuertemente en las A debido a que generan los mayores ingresos de la empresa. Con esto se lograría evitar cualquier faltante de dichas presentaciones, ya que se estaría aumentando el nivel de servicio.

Hasta el momento se han presentado dos clasificaciones muy diferentes, que identifican las presentaciones de acuerdo a dos criterios distintos. El principal problema surge a partir de la siguiente pregunta: ¿Qué ocurre cuando una presentación clasificada como A según su costo coincide con la categorización por contribución? Por lo pronto se presenta el dilema de aumentar la inversión debido a que es una presentación que contribuye con altos ingresos a la compañía, contra la disminución de la inversión a causa de resultar una presentación con altos costos. Este es sin duda el conflicto principal del capítulo. Para resolverlo se evaluarán distintas opciones de inversión en inventario y niveles de servicio resultantes. Probablemente no exista una respuesta óptima según un modelo matemático, sin embargo mediante la simulación se podrán evaluar distintas alternativas y seleccionar la más conveniente.

4.3 Clasificación ABC única. Combinación de criterios.

Anteriormente se consideraron dos criterios para realizar dos clasificaciones ABC independientes. En esta sección se combinarán ambos para dar lugar a una única categorización. Se unificarán los criterios para mantener un número de categorías

pequeño y manejable a la hora de implementar políticas de inventario para cada una de ellas⁵.

A continuación se observa la Tabla 4.6. La misma es una matriz de doble entrada. Se muestra la cantidad de presentaciones existentes según el cruce entre clasificaciones (por costo y contribución).

Cantidad de Presentaciones	Contribución			
	A	B	C	Total general
Costo				
A	8	4	2	14
B	2	12	21	35
C	1	3	50	54
Total general	11	19	73	103

Tabla 4.6 Matriz de Clasificaciones

La categoría AA es la que contiene las presentaciones más costosas y a su vez las que resulta imprescindible cumplir a tiempo con su demanda (alto nivel de servicio). La CC corresponde a presentaciones que no son costosas y no generan contribuciones considerables a la compañía. La BB se encuentra en un punto intermedio entre ambas. Dado que la clasificación según la contribución posee implícita la idea del nivel de servicio necesario a brindar para cada presentación, se modificarán las categorías de todos los productos de la familia 1.9 exigiendo que estos sean A en contribución por lo explicado anteriormente. Si bien esto difiere de la clasificación real (ya que son bonificados), se hace para enfatizar la importancia que tienen en el negocio de la empresa y por lo tanto deben tener un alto cumplimiento de la demanda. Otro punto a mencionar es que la única presentación de la Tabla 4.6 definida como CA (C en costo y A en contribución) es la que abarca los productos resultantes de servicios de tercerización. Debido a que estos productos forman parte de la actividad tercerista de la compañía, no serán tenidos en cuenta de aquí en adelante y por ende se quitarán de la clasificación.

Una vez realizadas las modificaciones mencionadas, la Tabla 4.6 se convierte en la Tabla 4.7. Prácticamente todas las categorías cambiaron sus cantidades, la única que no lo hizo fue la CB. Ahora bien, definir 9 políticas de inventario diferentes resulta impráctico e inmanejable. Por lo tanto se agruparán en menos clasificaciones con el fin de llegar a un número más adecuado. Si se observa con detenimiento se identificarán celdas pintadas del mismo color en la Tabla 4.7. Las mismas son justamente las que se agruparán en una misma categoría. Por ejemplo, las clasificaciones AB, AC y BC se agrupan en una sola denominada BC. Esta última considera las presentaciones en las cuales su clasificación en costo supera la categorización por contribución (esto no

⁵ Concepto del análisis ABC de criterios múltiples obtenido de Vollman, Berry, Whybark y Jacobs. "Planeación y control de la producción. Administración de la cadena de suministros." 5a. ed. Mc Graw Hill, 2005

quiere decir que las presentaciones no sean rentables). Por otro lado las categorías BA, CA y CB (color verde en la Tabla 4.7) se combinaron en una única denominada BA. Si bien se podría objetar que se están sobrevaluando las presentaciones inicialmente catalogadas como CB, la realidad es que no es correcto hacer una comparación directa. La nueva categoría agrupada BA se utiliza bajo el concepto de combinar presentaciones que representan una inversión menor respecto de su importancia en los ingresos de la compañía. Es decir, es justo en esta categoría donde se puede definir una política de inventario que aumente el nivel de servicio sin generar grandes inversiones.

Cantidad de Presentaciones	Contribución			Total general
	Costo	A	B	
A	9	4	1	14
B	6	10	19	35
C	5	3	45	53
Total general	20	17	65	102

Tabla 4.7 Matriz de Clasificaciones luego de modificaciones.

En el Tabla 4.8 quedan establecidos los criterios utilizados para agrupar las categorías y la finalidad que persigue cada nueva clasificación. Se crearon finalmente 5 clasificaciones diferentes, las cuales servirán como base para definir en un futuro las políticas de inventario. Al lado de cada categoría se puede observar un criterio con el cual se la puede caracterizar. El mismo a su vez da un indicio de la política de inventario a llevar a cabo en cada clasificación.

Clasificación Original	Clasificación Final	Criterio
AA	AA	Alta Inversión y nivel de servicio (NS) alto
BA-CA-CB	BA	Inversión media y NS alto
AB-AC-BC	BC	Inversión media y NS medio
BB	BB	Inversión media y NS medio
CC	CC	Inversión baja y NS bajo

Tabla 4.8 Agrupamiento de Clasificaciones y criterios utilizados

Sea cual sea la categoría siempre será deseable el mayor nivel de servicio posible. La diferencia se encuentra en que en algunas clasificaciones garantizar un nivel de servicio alto resulta más importante que en otras y por lo tanto se justifica una mayor inversión. Algunas requieren un alto costo y su contribución es relativamente baja, con lo cual se podría aceptar un menor nivel de servicio a cambio de una inversión más baja. Por último hay otras categorías en las que se puede brindar un nivel de servicio razonablemente alto con una inversión media o baja en inventario.

Las categorías creadas se muestran en la Tabla 4.9, así como también el porcentaje de la cantidad, del costo y de contribución que posee cada una. En la última tabla se puede observar claramente como la categoría AA (solamente 9 presentaciones distintas, el 9% del total) representa el 61% del costo total y el 79% de la contribución a la compañía. Sin duda alguna ésta es la categoría en la cual se hace imprescindible poseer una buena estrategia de nivel de servicio e inventario a mantener. Además, es justamente esta clasificación la que presenta las mayores dificultades a la hora de administrar su inventario. Esto se debe a que son artículos que resultan costosos (sobre todo por el volumen que manejan) y con un alto requerimiento de nivel de servicio. De aquí en adelante el trabajo tomará como ejemplo una presentación de esta categoría (AA) e intentará definir una política adecuada en cuanto a la administración de su inventario. Se evaluarán distintos niveles de inversión y se observará el nivel de servicio resultante a partir de un modelo de simulación.

Clasificación Final	Cantidad de Presentaciones	Porcentaje de Costo	Porcentaje de Contribución
AA	9	61%	79%
BA	14	7%	7%
BB	10	7%	6%
BC	24	20%	6%
CC	45	4%	2%
Total general	102	100%	100%

Tabla 4.9 Clasificación Final

La clasificación aquí realizada será entendida como un proceso cíclico con un período de uno a dos años, sino antes, dependiendo de la velocidad con la que se produzcan los cambios en la importancia de los productos.

4.4 Ideas Principales

- El objetivo de la clasificación es identificar las familias y productos más relevantes al momento de realizar pronósticos, definir niveles de servicio e inversión en existencias.
- En función de la clasificación realizada, surgen dos marcas y tres familias como las principales fuentes de ingreso para la empresa.
- Las categorías de la clasificación inicial fueron reclasificadas mediante la combinación de dos criterios (costo y contribución).
- Se redujo el número de categorías reagrupando los resultados para llegar a un número manejable de las mismas.
- A cada categoría se asoció un nivel de servicio pretendido y una política de inversión en inventario.

CAPITULO 5 - ANÁLISIS DE LA DEMANDA

5.1 Introducción

Hasta el momento se identificaron las familias más importantes que impactan en el núcleo del negocio de la empresa. En este capítulo se hará foco en una de ellas analizando con el mayor grado de detalle posible su demanda histórica. Se pretende introducir un enfoque general que debe ser considerado en el proceso de estimación descripto en el capítulo 3.

Por último se realizará una descomposición clásica en series de tiempo. Es importante destacar que el estudio de los factores que afectan la demanda derivará en una de las entradas del modelo de simulación. Esto determina sin duda el rol fundamental que posee dicho análisis ya que en caso de ser erróneo los resultados del modelo serán incorrectos y no serán útiles para la toma de decisiones.

5.2 Análisis de una presentación

En la Figura 5.1 se muestran los datos históricos de las ventas de la presentación junto con su línea de tendencia y los stocks promedios (ponderados) mensuales históricos.

Una importante aclaración en este punto es que los datos de venta no son realmente la demanda debido a que se encuentran afectados por el desempeño que tuvo la empresa. Las ventas no reflejan los pedidos incumplidos por lo tanto nunca se podrían considerar como la demanda real. Si bien se deberían tener en cuenta tanto los pedidos como la demanda, las ventas son los únicos datos existentes en la empresa actualmente y es lo más aproximado a la demanda que se podría obtener. Se observaron los datos por un lapso de 2 años y medio. Los mismos se utilizarán para el análisis de descomposición de series de tiempo. Se eligió considerar períodos mensuales debido a que se requiere que el tiempo de congelamiento en la planificación de la producción sea de al menos un mes (como fue mencionado en el capítulo 2).

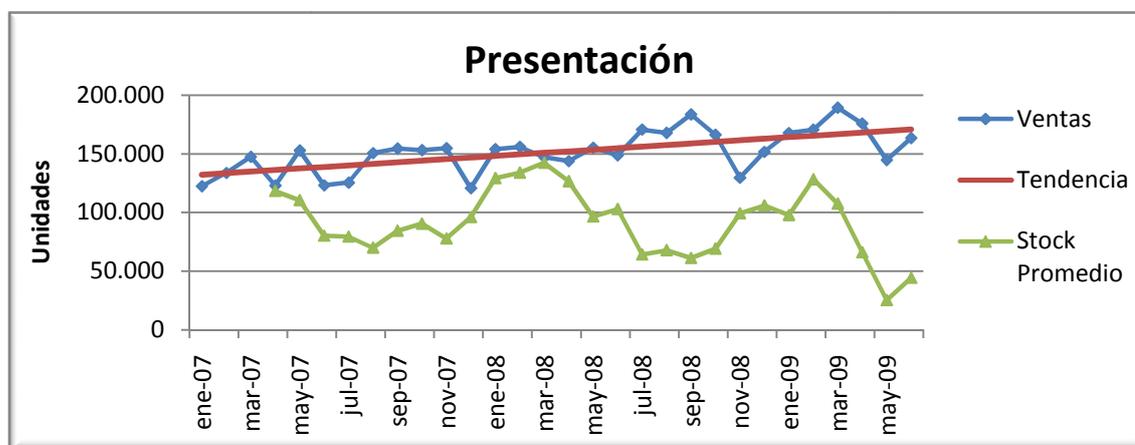


Figura 5.1 Ventas históricas, Tendencia y Stocks de una presentación particular.

Si bien el proceso de planificación trabaja con períodos semanales, al resultar extremadamente difícil realizar modificaciones en los planes durante el período de congelamiento (sería muy complicado cumplir el abastecimiento) es necesario definir unidades de tiempo teniendo en consideración este aspecto. Además el período mensual coincide con el lapso del ciclo del proceso propuesto de estimación. El stock de seguridad a implementar necesariamente deberá cubrir variaciones mensuales de la demanda para evitar cambios de planificación en un futuro cercano.

5.2.1 Comportamiento de la Demanda

En esta sección se realiza un análisis particular de la demanda de una determinada presentación. Se pretende mostrar un ejemplo de cómo se deberían tomar los pronósticos históricos y modificarlos de acuerdo a ciertas características propias de la demanda. En definitiva lo que se debe hacer es “bajar a la realidad” el pronóstico histórico (el cual se obtendrá a través del método propuesto en el capítulo 6), es decir, ajustarlo de acuerdo a la situación específica en que se encuentra. Si bien sólo se mostrará este análisis para una presentación, es imprescindible que en el proceso de planeación de la demanda se realicen estudios similares para todas las presentaciones.

Para comenzar el estudio de la demanda será necesario determinar cómo está compuesta la misma. Se pretende responder, en principio, si la presentación se exporta, y si es así, a qué países; cuáles son los canales que conforman el mercado local; qué mercado es el que tiene mayor peso en las ventas (local o exterior) y cuáles son las variables que impactan en cada mercado y canal.

La primera observación que se hace respecto de las ventas es que no se realizan exportaciones. Exceptuando algún caso aislado en el 2007 a lo largo de todo el 2008 y 2009 no se vendió ninguna unidad al mercado exterior. Para entrar en más detalles, se distingue cómo está compuesto el mercado local según los distintos canales existentes. Para ello podemos observar la Figura 5.2. Se entiende como canal a los mayoristas, minoristas, venta directa, distribuidores, etc. Es una forma de agrupar a los clientes según ciertas características similares. La figura mencionada presenta las distintas participaciones que posee cada canal de venta. Sin duda alguna se ve claramente que los canales 1 y 2 representan más del 90% de las ventas totales. Por consiguiente de ahora en más nos concentraremos en ellos.

Una segunda particularidad consiste en el crecimiento de la participación que obtuvo el Canal 1 a lo largo de estos tres años. En la Figura 5.2 se puede ver como en el 2007 el porcentaje era de alrededor de 60% y ya para mediados del 2009 se aproxima al 70%.

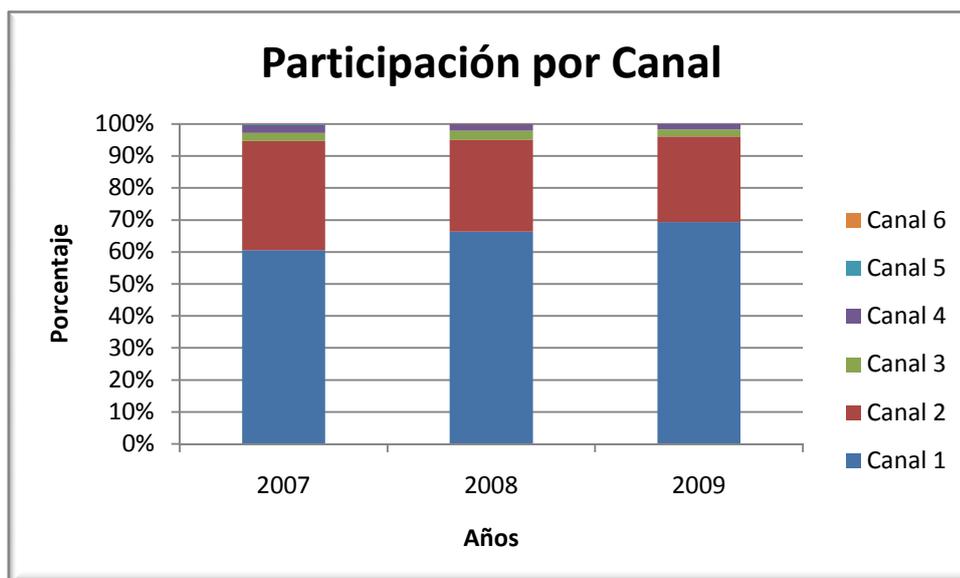


Figura 5.2 Porcentaje de participación de cada canal en el mercado local.

Un crecimiento anual del 3% no es algo menor debido a que si esta tendencia continúa en 5 años más, el Canal 1 dominará casi por completo el comportamiento de la demanda. El incremento de la participación mostrado en la figura no implica necesariamente que las ventas a través del Canal 2 hayan disminuido. Se identifica que mientras el Canal 1 creció notablemente, el Canal 2 se mantuvo dentro del mismo nivel de ventas (a lo sumo se observa una leve tendencia negativa). Dicha evolución se visualiza en la Figura 5.3. En vistas de la creciente importancia que ha adquirido el Canal 1, se deberá fijar la atención en dilucidar el comportamiento propio del mismo. A la hora de elaborar los pronósticos se tendrán en cuenta las estrategias que sigue la empresa para los distintos canales (en especial el 1 si se estudia la presentación aquí detallada) y cómo se espera que reaccione cada uno. Profundizando el análisis también se pueden identificar las variables que determinan el comportamiento de la demanda, que en definitiva son las que impactan en cada canal.

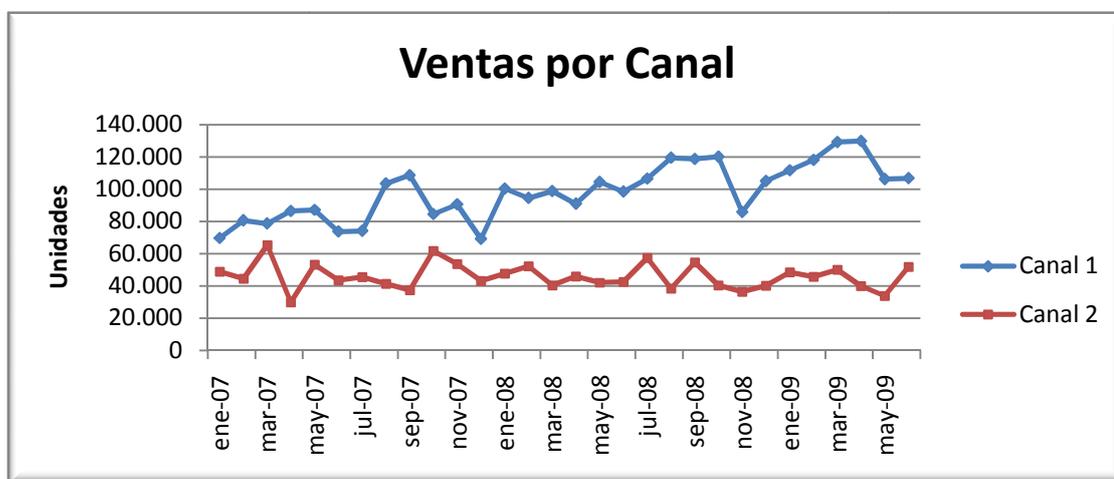


Figura 5.3 Ventas de los canales más importantes

Consideremos ahora las variables que tienen influencia en el comportamiento de la demanda. El PBI per cápita o la evolución de la cantidad de mujeres de nivel socioeconómico bajo en la Argentina podrían ser algunas de ellas. Recordemos que varias de las presentaciones compiten en el mercado por su bajo precio.

Analizar el impacto en la demanda de estas variables, entre otras, llevaría tiempo y un profundo análisis para poder ser validado. Se podría decir que las mismas gobiernan la tendencia que subyace en la demanda a largo plazo. En este trabajo se pretende armar un modelo de pronóstico de corto o mediano plazo (de 3 meses a un año) el cual será utilizado en la planificación. En definitiva serán estos estimados los que impactarán directamente en el inventario resultante a lo largo del tiempo. En un pronóstico de este tipo es cuestionable cuánta mayor precisión se puede lograr mediante métodos que consideren las variables mencionadas recientemente. Las mismas podrían ser bastante útiles a la hora de detectar cambios en la tendencia de largo plazo pero sin duda no ayudarán demasiado a predecir variaciones de un mes a otro. Dicha anticipación resultaría beneficiosa pero no es uno de los principales puntos de análisis de este trabajo ya que se supone que reaccionando frente a ella se puede obtener un pronóstico de corto plazo de calidad similar. Este primer supuesto establecido se rige siempre que los cambios de tendencia no sean extremadamente abruptos.

Sin embargo, un aspecto que sí tendrá un mayor impacto directo prácticamente instantáneo se encuentra relacionado con las variables de corto plazo. Las mismas se basan en las decisiones momentáneas o reacciones que pueden tener los distintos clientes. Es decir, un cambio producido en estas variables influye directamente en cómo resultarán las ventas de los próximos 2 o 3 meses. Al identificarlas se persigue el objetivo de determinar las primeras estrategias a seguir con el fin de reducir el inventario a mantener. Si bien hay métodos de pronóstico que pueden llegar a incluir las variables de corto plazo (como por ejemplo la regresión múltiple), existen otros que no las tienen en cuenta, como los promedios móviles o suavizamientos exponenciales. Es para el caso de estos últimos en los que las estrategias propuestas a continuación complementarían sin duda alguna al pronóstico (presentado en el capítulo 6) generando una perspectiva más certera de la demanda. En principio, la variable más importante a considerar para la presentación estudiada se encuentra relacionada con los incrementos de precio. A continuación se procederá a analizar con detalle dicha variable.

5.2.1.1 Impacto de los aumentos de precios

A lo largo del tiempo la empresa fue modificando su lista de precios, resultando esto en un comportamiento creciente del mismo. El impacto que esto genera en cada canal es totalmente diferente. En el Canal 1 provoca que los clientes aumenten su demanda los meses anteriores al incremento, acumulen inventario y luego disminuyan notablemente la cantidad de pedidos el mes en el cual entra en vigencia el nuevo precio. En el Canal 2 en cambio, las variaciones prácticamente no afectan las ventas por lo tanto no es una

variable a considerar. Los respectivos incrementos se muestran en la tabla 5.1. En la misma se pueden observar las fechas en las que comienza a venderse la presentación al nuevo precio.

Número de aumento de precio	Vigencia del Precio	
	Inicio	Final
1	01/05/2007	01/09/2007
2	01/10/2007	01/02/2008
3	01/03/2008	01/10/2008
4	01/11/2008	01/04/2009
5	01/05/2009	01/08/2009

Tabla 5.1 Variación de los precios de lista.

Hubo cinco ocasiones en las que se incrementó el precio. Si bien el aumento varía en cada caso, el porcentaje de incremento fluctuó entre un 5% y 7%. Ahora bien, en realidad este es un precio de lista para el canal. Cuando se empiezan a considerar los descuentos y las bonificaciones que se hacen a los clientes el precio realmente pagado por cada uno de ellos es mucho menor. A su vez, en muchos casos los aumentos no son inmediatos sino que se distribuyen a lo largo de dos o más meses. Para obtener el precio pagado por los clientes del Canal 1 se hizo un promedio ponderado de las unidades compradas cada mes. El resultado de la evolución de los precios mensuales se muestra en la Figura 5.4. Se evitan mostrar los valores de dicho eje debido a un tema de confidencialidad. Además también se graficaron las ventas del Canal 1 y la tendencia de las mismas.

Otra particularidad que se puede identificar a priori en esta figura es la existencia de alguna relación entre los incrementos de precios y las variaciones de las ventas en esos meses. En principio se remarcaron con círculos violetas los meses previos al aumento de precio y el mes correspondiente al incremento en los cinco casos mencionados en la Tabla 5.1. Como se puede ver, en tres de los cinco casos hay un incremento notable de la demanda durante el mes anterior y una caída considerable en el mes respectivo al aumento. Las razones por las cuales ocurre esto son: por un lado, los clientes obtienen más descuentos por comprar un mayor volumen los meses previos y por otro, se evitan el incremento de dicho mes al haber anticipado la compra. Obviamente, esto puede ocurrir con mayor magnitud siempre que la empresa difunda la información de un incremento de precio con cierta anticipación a los distintos clientes. Si esto no ocurriera así entonces los clientes sólo podrían estimar alrededor de qué meses esperarían que ocurra el aumento o que este último los tome por sorpresa. El caso ideal para la empresa sería el segundo ya que entonces no se anticiparía la demanda. Sin embargo la realidad es que si en el pasado hubo aumentos en ciertos meses seguramente los clientes esperen aumentos en el futuro y anticipen los pedidos para dichas épocas. Se hace notar también cómo el patrón de ventas mencionado se hace más marcado en los últimos 2

incrementos de precios. En general, los clientes siempre exigen que se les notifique sobre la fecha exacta del aumento de precio. Sin embargo, muchas veces debido a las imprecisiones que maneja la propia empresa se informan fechas estimadas de los mismos. Esta sería la razón por la cual los clientes incrementarían la demanda con más de un mes de anticipación. Esto se observa claramente en los dos últimos casos.

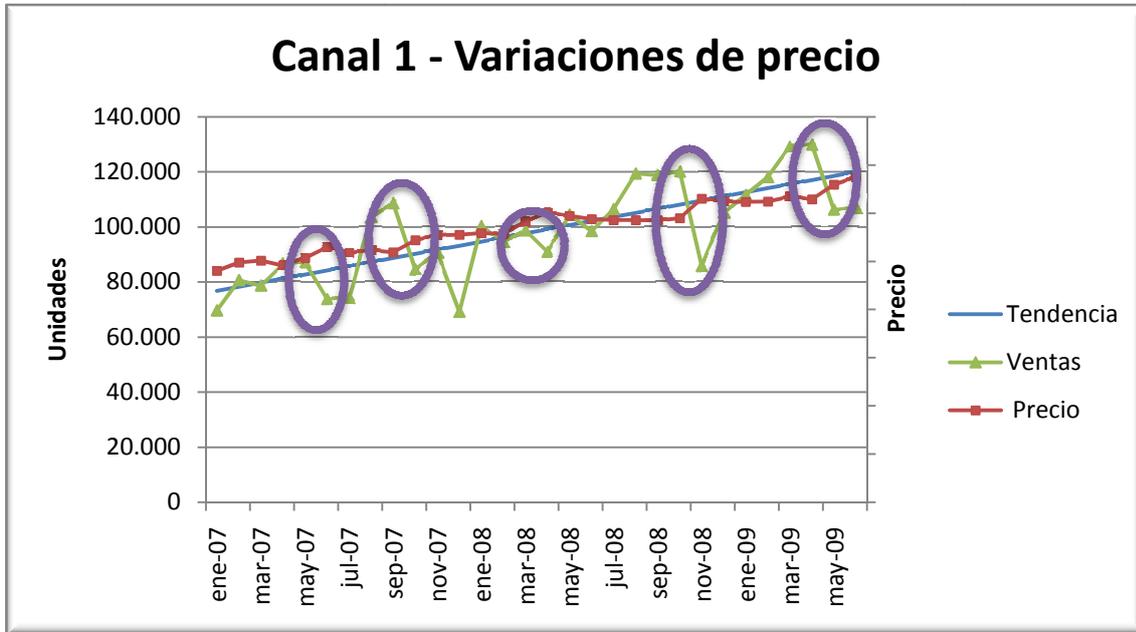


Figura 5.4 Variaciones de precio en el canal Mayorista.

Para ilustrar con un mayor grado de detalle el impacto de los incrementos de precio se incluye la Figura 5.5. En la misma se muestran las variaciones porcentuales medidas respecto de la línea de tendencia según el mes relativo al incremento de precio (1° y 2° Mes) y el número de aumento de precio de acuerdo con la Tabla 5.1. En dicha figura se puede observar que prácticamente en todos los incrementos (a excepción del número 3) el mes previo tiene un porcentaje similar de variación respecto de la tendencia y como en el mes del aumento cae dicho porcentaje.

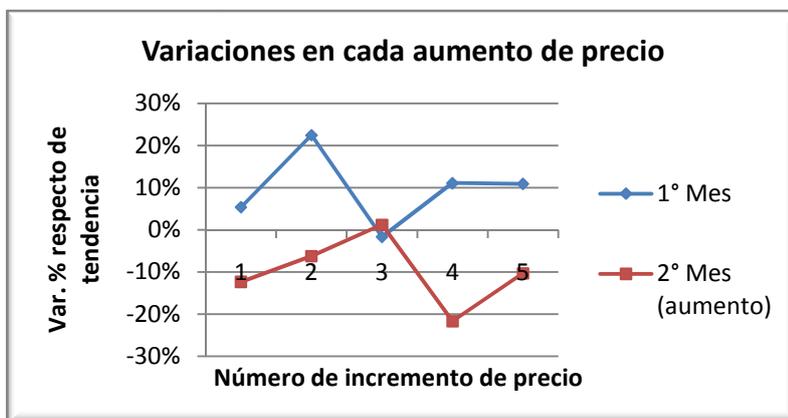


Figura 5.5 Variaciones porcentuales en cada aumento de tendencia.

La primera conclusión obtenida se detalla en la Figura 5.6. Si las condiciones que se dieron en el pasado se mantienen en el tiempo entonces cada vez que se pretenda incrementar el precio de lista se deberá aumentar el pronóstico del mes previo al incremento en un 10%. Además se deberá disminuir alrededor del 10% el pronóstico del mes respectivo a la modificación del precio de lista.

Una posible estrategia podría ser comprometer las unidades al precio anterior y entregarlas el mes en que se genera el incremento. De esta manera se nivelaría adecuadamente la producción.

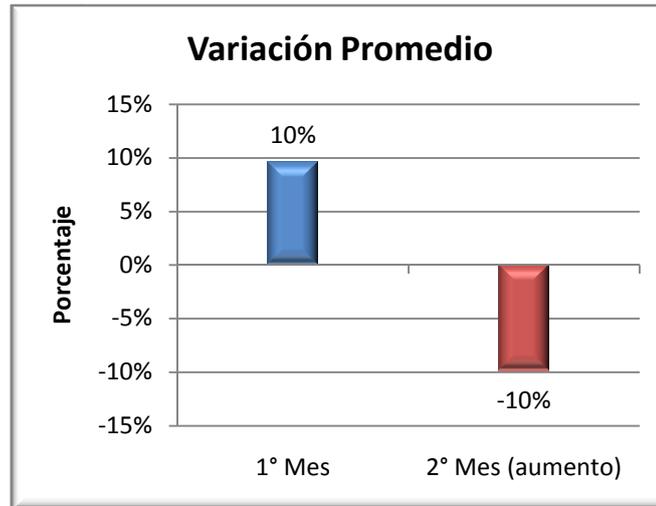


Figura 5.6 Variación porcentual promedio de cada mes respecto del incremento

5.2.1 Descomposición en Series de Tiempo

La clásica descomposición en series de tiempo se basa en la explicación de la demanda a través de tres factores: Tendencia, Estacionalidad y Error Aleatorio. Se estudian los mismos para la presentación tomada de ejemplo desde el comienzo del capítulo. La descomposición será la herramienta fundamental que permitirá simular la demanda. Es decir, en dicho modelo se utilizarán los tres factores representativos mencionados para componer la demanda. El factor aleatorio es el que justamente se simulará. Si los componentes no se encuentran bien analizados entonces los resultados de la simulación dejarán de ser válidos debido a que los datos de entrada no representan adecuadamente la situación real.

5.2.1.1 Tendencia

En la Figura 5.1 se pudo observar la existencia de una tendencia lineal en las ventas de la presentación, que sin duda depende del tiempo. La recta de mínimos cuadrados presenta un R^2 de 0,38. Este estadístico indica que la regresión no resulta útil como una herramienta de predicción. No obstante posee un valor elevado que permite justificar la existencia de una fuerte tendencia en las ventas a lo largo de los 2 años y medio considerados.

5.2.1.2 Estacionalidad

Observando con detenimiento la demanda, existe una variación considerable respecto de la tendencia. El próximo paso a realizar es chequear la existencia de estacionalidad. En principio debido a las características inherentes a la presentación estudiada no habría razón alguna para esperar una marcada estacionalidad. Igualmente se realizará un análisis estadístico para confirmar esta suposición.

La estacionalidad de la demanda se evaluará a través de un diagrama de autocorrelación⁶. El mismo resulta de la división de la autocovarianza respecto de la varianza. Se basa en la relación existente entre los datos de una misma variable medidos con ciertos períodos de tiempo de separación (cómo varía la variable respecto de sí misma). Es decir, establece el grado de relación de la demanda de los períodos separados por una cierta distancia denominada Lag-h. Por ejemplo si el el Lag-h fuera igual a 6, se evalúa la correlación existente entre todos los períodos que se encuentren separados por 6 meses (se compara enero y junio, febrero y julio, etc.). Si la autocorrelación diera un valor extremo en todos los casos entonces se podría concluir que existe una fuerte estacionalidad que se presenta cada 6 meses. El coeficiente de autocorrelación R_h varía entre -1 y 1. Cuanto más cerca se encuentre de dichos extremos más fuerte será la relación entre los meses separados por el Lag-h y se podrá asumir la presencia de una estacionalidad. El análisis intenta obtener dos conclusiones. La primera es la existencia de estacionalidad y la segunda es cuándo se produce.

Para comenzar, se quitó la tendencia de los datos. Luego se hicieron los cálculos necesarios para realizar el diagrama de la Figura 5.7. Los mismos se obtuvieron de las siguientes fórmulas.

$$R_h = \frac{C_h}{C_0} \quad (5.1)$$

$$C_h = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^{N-h} (Y_t - \bar{Y})(Y_{t+h} - \bar{Y}) \quad (5.2)$$

$$C_0 = \frac{\sum_{t=1}^N (Y_t - \bar{Y})^2}{N} \quad (5.3)$$

Siendo

$R_h =$ Autocorrelacion

$C_h =$ Autocovarianza

$C_0 =$ Varianza

$N =$ Períodos totales

⁶ Método obtenido de *NIST/SEMATECH e-Handbook of Statistical Methods*.
<http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda/section3/autocopl.htm>

Los límites de confianza se calcularon según la ecuación 5.4, con un α del 10%.

$$\text{---} \quad (5.4)$$

En la Figura 5.7 se puede observar el diagrama de autocorrelación. En el eje y se grafica el coeficiente R_h y en el eje x el Lag-h. Este último se hizo variar entre los valores 1 y 12 para poder identificar cada cuánto ocurre la estacionalidad (en caso de que exista). Además, se graficaron los límites de confianza del 95%.

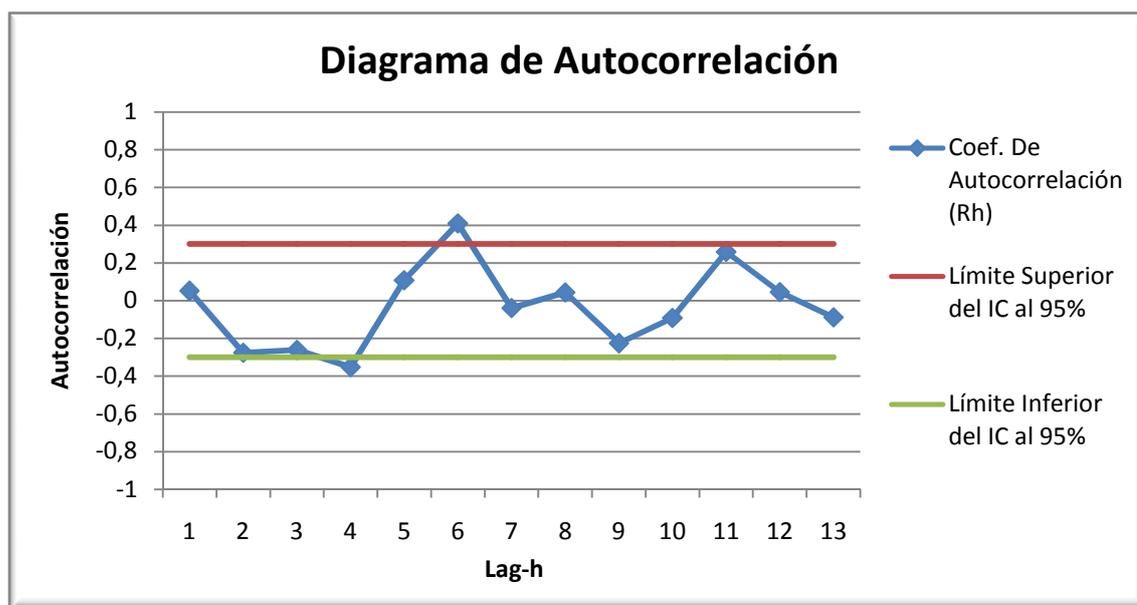


Figura 5.7 Diagrama de Autocorrelación de la demanda.

Como se mencionó anteriormente, en caso de no existir estacionalidad se esperaría que los valores de R_h varíen alrededor de 0. Más precisamente si estos se mantuvieran dentro de los límites de control, se podría afirmar con un 95% de seguridad que ninguno de los períodos se encuentran correlacionados. No obstante, al observar la Figura 5.7 es posible identificar que los períodos con 4 y 6 meses de distancia entre ellos presentaron un R_h fuera de los límites. La interpretación que se debe hacer de estos desvíos resulta de analizar en principio qué magnitud poseen. Al reconocer que los mismos son 0,35 y 0,4 y teniendo en cuenta que los límites son 0,3 se puede considerar que no implican una conclusión fuerte a favor de la existencia de estacionalidad. Por ejemplo, si R_h fuera

igual a 0,8 o mayor con un Lag-h de 6, entonces uno podría comenzar a sospechar sobre una estacionalidad semestral. Además debería haber una justificación razonable que avale la sospecha. Sin embargo al no encontrar una polarización marcada y con el concepto a priori de la no existencia de una demanda periódica, se concluye que la presentación no posee estacionalidad.

5.2.1.3 Error Aleatorio

Una vez analizada la tendencia y la estacionalidad, sólo resta considerar los desvíos aleatorios. Para comenzar se midieron todas las diferencias entre las ventas reales y la recta de tendencia. Las mismas se graficaron en la Figura 5.8. En esta sección se persigue el objetivo de ajustar una determinada distribución a los datos. Por lo tanto como primera medida resulta razonable realizar un histograma, el cual se muestra en la Figura 5.9. Observando los dos gráficos mencionados hasta el momento se pueden obtener algunas conclusiones importantes acerca del impacto que tienen los aumentos de precio de lista y la acumulación de stock en el error que se pretende analizar.

El primer aspecto visible es el aumento de la variabilidad. Como ya fue mencionado en otro momento, el mes anterior al incremento de precio la demanda crece mucho más de lo esperado por la tendencia. El mismo mes en que se implementa el aumento la demanda cae muy por debajo de la tendencia. Esto se ve claramente en la Figura 5.8. La amplitud crece notablemente en el último año. A pesar de ello en este trabajo se utilizará un método de pronóstico basado en datos históricos que no podrá tener en cuenta este comportamiento. Esto implica posicionarse (desde el punto de vista de la variabilidad) en el peor de los casos, lo cual resultará en última instancia en un mayor stock de seguridad. Si a pesar de haber asumido esta situación la inversión en stocks como consecuencia de la simulación fuera menor que la histórica entonces se tendrá una mayor seguridad y confianza en los resultados. Por lo tanto, se considerarán a todos los errores dentro del período como pertenecientes a una misma distribución y se hará caso omiso del impacto que tienen las variaciones de precio en las ventas reales desde el punto de vista de la variabilidad.

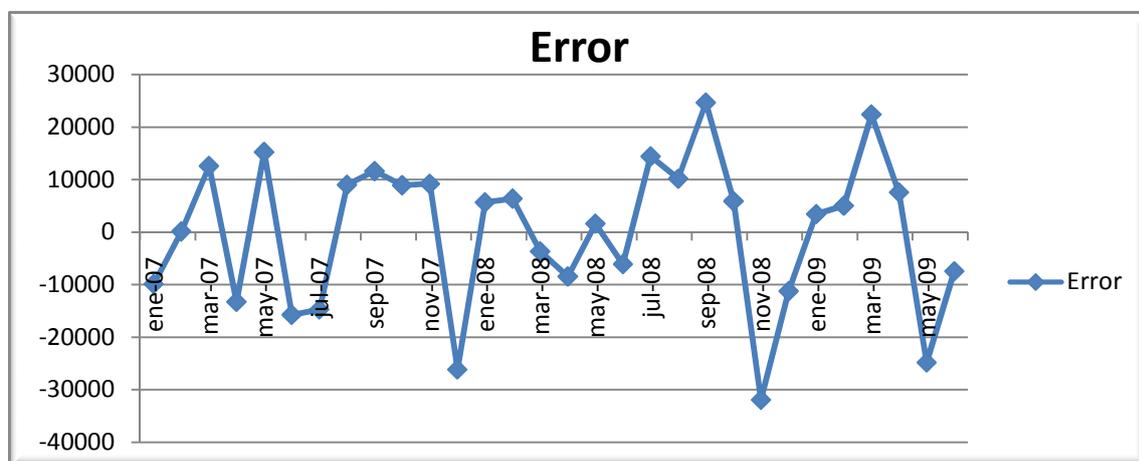


Figura 5.8 Error aleatorio de la presentación.

La segunda distorsión observada se genera debido al proceso de acumulación de stock que se produce en los distintos canales. El mismo, afecta sin duda la distribución del error. En principio, se esperaría que dicha distribución fuera una normal de media 0 y un cierto desvío⁷. Las veces que la demanda excede la recta de tendencia debería ser igual a la cantidad que resulta por debajo. La acumulación de stock desdibuja dichas expectativas. El hecho de que haya más puntos por encima de la tendencia que por debajo de la misma produce un desplazamiento del valor más probable y una asimetría en la distribución. Esto se hace visible en el histograma de la Figura 5.9. Se formaron grupos de datos con intervalos de 10 mil unidades. Si fuera el histograma de una normal perfecta se esperaría observar frecuencias similares en los grupos $[-10000; 0]$ y $[0; 10000]$. El sesgo positivo generado por las acumulaciones hace que la frecuencia del segundo intervalo sea mucho mayor que la del primero. Un histograma de una normal también sería simétrico alrededor de su media. El de la figura no lo es. Luego de varios meses de acumulación de stock surge la necesidad de los clientes de disminuir los inventarios de forma repentina. Esto genera puntos muy negativos en el error que, si bien son escasos, producen una asimetría en la figura alargando el extremo inferior.

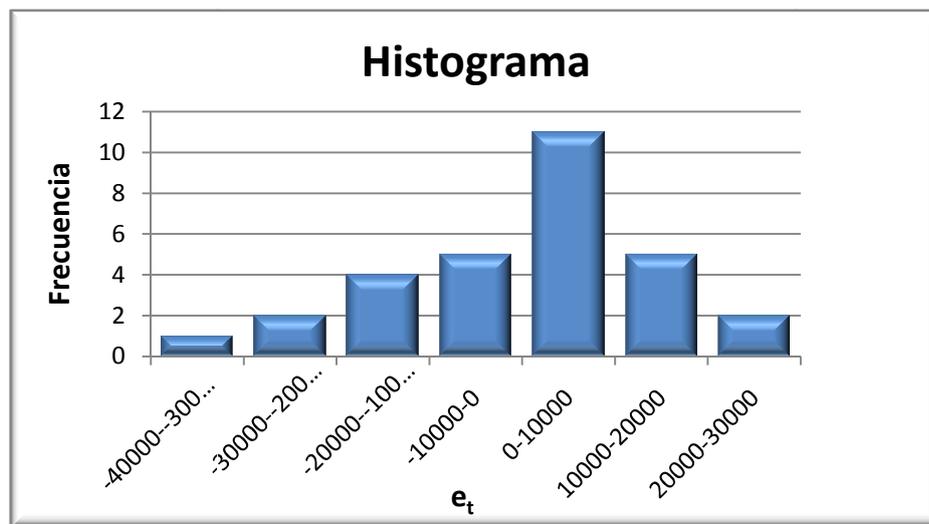


Figura 5.9 Histograma del error aleatorio.

A continuación se realizarán una serie de pruebas estadísticas que permitirán concluir si es correcta la utilización de una distribución Normal para representar el error de la demanda.

⁷ Concepto de ruido blanco extraído del libro de Roberto Mariano García. "Inferencia estadística y diseño de experimentos" Ed. Eudeba. 1ª edición (2004).

5.2.1.3.1 Diagrama Q-Q Normal

La primera es la más sencilla de todas y consiste en un diagrama Q-Q, el cual es mostrado en la Figura 5.10. Primero se calcula la media y el desvío de la muestra (30 datos). Estos se muestran a continuación en la Tabla 5.2.

Media	Desvío
0	14097

Tabla 5.2 Media y Desvío muestrales del error.

Luego se ordenaron los errores de menor a mayor y por último se obtuvo la inversa de la distribución normal con los datos muestrales y el percentil acumulado.

La idea básica que persigue el diagrama es que si el error pertenece a una distribución normal entonces al graficar el error y una distribución normal inversa de los percentiles con los parámetros muestrales se obtendrá una línea recta. Observando la figura se puede concluir que la hipótesis de una distribución normal es razonable. A continuación se considerarán dos pruebas de hipótesis en las que se pretende lograr una demostración más formal. Estas son la de Kolmogorov - Smirnov y la de Anderson - Darling. La clásica prueba de hipótesis Chi-Cuadrado no fue utilizada debido a dos razones fundamentales. La primera es la dependencia que posee el método respecto de la división de los intervalos en los que se agrupan los datos. La segunda se encuentra relacionada con el pobre desempeño que posee el método cuando el tamaño de la muestra es pequeño⁸.

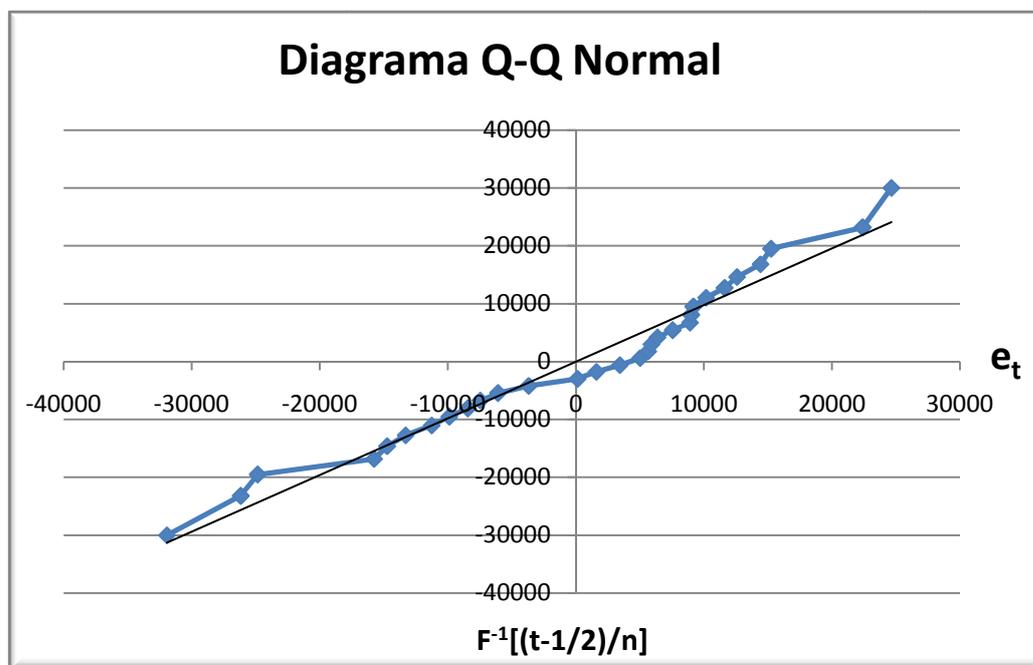


Figura 5.10 Diagrama Q-Q Normal

⁸ Jerry Banks, John Carson, Barry Nelson. "Discrete – Event System Simulation". 2nd Edition. Prentice Hall (1999)

5.2.1.3.2 Prueba de Hipótesis de Kolmogorov - Smirnov

La siguiente prueba se utiliza cuando los tamaños muestrales tienden a ser pequeños. Es una prueba de hipótesis donde la gran desventaja se encuentra en que se debe especificar por completo la distribución antes de compararla con los datos. En el caso de que los parámetros de la distribución se hayan obtenido de la misma muestra que se quiere ajustar, entonces los valores críticos a considerar son los presentados en el ANEXO II establecidos por Lilliefors. Esto se debe a que en dicho caso si la hipótesis nula fuera verdadera, el nivel de significación real sería mucho menor que el del diseño del ensayo. Por lo tanto la prueba pierde sensibilidad y tiende a no rechazar la hipótesis⁹. El contraste se basa en ordenar los datos muestrales de menor a mayor y calcular el siguiente estadístico.

$$D = \text{Max}\left\{\left(\frac{t}{N}\right) - F(e_t); F(e_t) - \left(\frac{t-1}{N}\right)\right\} \quad (5.5)$$

Siendo

$N = \text{Tamaño muestral}$ (30)

$t = \text{Período}$

$F(e_t) = \text{Función de densidad de distrib. normal con media y desvío muestrales}$

El valor del estadístico D resultante fue de 0,1387. Comparando el mismo con los D_{critico} del ANEXO II se puede observar que se rechaza a un nivel de significancia que se encuentra alrededor del 0,86. Si bien no es un nivel lo suficientemente alto como para descartar completamente la hipótesis de normalidad, tampoco es tan pequeño como para confirmar la aplicabilidad de la distribución. Resulta interesante destacar que si se considera un desvío mayor para realizar la prueba, por ejemplo 15000, el nivel de significación ya queda por debajo del 0,8. Esto ocurre debido a que bajo el desvío muestral la distribución propuesta no se ajusta adecuadamente a la media del histograma de la Figura 5.9. Sin embargo a medida que aumenta el desvío en la distribución a ajustar, la campana se hace más gruesa con lo cual el corrimiento de la media comienza a ser más probable. Es factible que el hecho de no eliminar los datos distorsionados por los aumentos de precio de lista afecte el ajuste de la distribución normal a los datos. Con el fin de obtener una conclusión más certera para la adjudicación de una distribución normal para el error aleatorio, se realizará un segundo contraste denominado Anderson – Darling.

⁹ Roberto Mariano García. "Inferencia estadística y diseño de experimentos" Ed. Eudeba. 1ª edición (2004).

5.2.1.3.3 Prueba de Hipótesis de Anderson - Darling

Este contraste asigna un mayor peso a las colas que el de Kolmogorov – Smirnov. Además se le atribuye una mayor potencia. Consiste en ordenar los datos y estandarizarlos. Luego se calculan los siguientes estadísticos.

$$A^2 = -n - \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \{(2t - 1)\text{Ln}\Phi(e_t) + (2(n - t) + 1)(\text{Ln}(1 - \Phi(e_t)))\} \quad (5.6)$$

$$A^* = A^2 \left(1 + \frac{0.75}{n} + \frac{2.25}{n^2}\right) \quad (5.7)$$

Siendo

$\Phi(e_t)$ = Función de densidad de distribución normal estándar

A^* = Valor modificado debido al contraste con una distribución normal

El A^* obtenido fue de 0,4756 y el $A^2_{\text{crítico}}$ con un α del 0,1 es 0,631. Se encuentra también que se rechaza a partir de un α de 0,2. Estos resultados permiten pensar en que la utilización de una distribución normal para representar la variabilidad de la demanda puede ser adecuada.

5.2.1.3.4 Ajuste de Distribuciones con el Crystal Ball

Explicados todos los contrastes utilizados se procede a mostrar los resultados obtenidos con la herramienta “Batch Fit” del software Crystal Ball. La misma aplica tres contrastes a varias distribuciones diferentes y propone la que posee el mayor p-value (nivel de significación más pequeño al cual se rechazaría el ajuste de la distribución). Si bien algunas pruebas no se encuentran realizadas correctamente (en el contraste de Anderson-Darling se calcula sólo el A^2 y no el A^*) los resultados son muy similares a los que se arriban cuando se ejecutan con todos los detalles. En la Tabla 5.3 se pueden ver los resultados para los tres contrastes realizados (Chi-Cuadrado, Kolmogorov-Smirnov y Anderson-Darling), los cuales se muestran ordenados desde la distribución que mejor se ajusta a la peor.

La clara ventaja de esta herramienta es que permite dilucidar a través de las distintas pruebas de hipótesis cuál es la distribución que mejor representa al error aleatorio. No obstante, esto es una primera aproximación. La selección final de la distribución adecuada dependerá no sólo de los resultados de los contrastes sino también de la coherencia que la misma presente en todos los aspectos del análisis. Nótese sin embargo que el debate surge entre las tres distribuciones que mejor superan las pruebas de hipótesis. En ningún caso se pone en juego una distribución que no ajusta adecuadamente según los contrastes, con lo cual la herramienta utilizada sirve como un primer filtro y abre el camino a una discusión más precisa sobre la distribución a utilizar.

Distribution	A-D	A-D P-Value	K-S	K-S P-Value	Chi-Sq	Chi-Square P-Value	Parameters
Min Extreme	0,2559	0,732	0,0829	0,877	1,60	0,659	Likeliest=6584,27 Scale=11784,41
Weibull	0,2810	0,462	0,1097	0,455	3,20	0,202	Location=-82938,35 Scale=88720,11 Shape=6,9135
Normal	0,4651	0,249	0,1387	0,153	5,60	0,133	Mean=0 Std. Dev.=14097,17
Logistic	0,4581	0,202	0,1252	0,158	3,20	0,362	Mean=855,15 Scale=8107,46
Lognormal	0,4654	0,172	0,1387	0,099	5,60	0,061	Mean=0,0479 Std. Dev.=14097,85 Location=-69176913
Gamma	0,5058	0,153	0,1433	0,097	4,00	0,135	Location=-441720,84 Scale=442,163 Shape=999
Uniform	1,6807	0,082	0,1991	0,128	9,20	0,027	Min=-33778,83 Max=26464,56
Max Extreme	1,0390	0,000	0,1520	0,069	7,60	0,055	Likeliest=-7224,53 Scale=14528,46

Tabla 5.3 Resultado de la herramienta Batch Fit del Crystal Ball.

Hasta ahora se había discutido la posible aplicación de una distribución normal al error aleatorio observado en la demanda. Al ver los resultados de la Tabla 5.3 se ven dos distribuciones que ajustan mejor todavía que la normal. Ahora bien, ¿sería correcto elegir la del extremo mínimo sólo por poseer el mejor p-value? En principio, debido a que la demanda analizada resulta de la sumatoria de varios artículos diferentes uno esperaría que la distribución resultante fuera una normal. Debido a los aumentos de precios de lista los datos observados presentaron desviaciones respecto de un comportamiento aleatorio. Esto sin duda genera una distorsión en el histograma de la Figura 5.9. No obstante, los incrementos de precios son hechos puntuales en el tiempo y no factores inherentes al comportamiento de la demanda. Por lo tanto la decisión correcta sería adoptar una distribución que refleje el dicho comportamiento y además tener en cuenta las desviaciones debido a los aumentos de precios en los estimados.

En conclusión, respetando todos los análisis realizados hasta el momento se determina la utilización de una distribución normal para representar la aleatoriedad de la demanda.

5.3 Ideas Principales

- En primer lugar se propone mediante ejemplos (segmentación por canal e impacto de la variación de los precios de lista) el análisis de demanda que debería ser realizado en el proceso de estimación propuesto en el capítulo 3.

Definición de la política de inventario de Issue

- En segundo lugar se analizó la demanda de una determinada presentación identificando los tres factores que componen la serie de tiempo, los cuales serán utilizados para la simulación del capítulo 7.
- Se logró ajustar mediante métodos estadísticos una distribución normal al error de la demanda.

CAPITULO 6 - MODELO DE PRONÓSTICO

6.1 Introducción

En este capítulo se continúa con el ejemplo de la presentación analizada anteriormente para exponer un modelo de pronóstico basado en el comportamiento histórico de la demanda. A pesar de estudiar exclusivamente una determinada presentación, el concepto del análisis que subyace es lo realmente importante y se considera que su aplicación a las demás presentaciones se podrá realizar sin ninguna complicación.

Es necesario recordar que el método se basa en las ventas históricas y en la estadística. Por lo tanto el resultado obtenido debería ser ajustado de acuerdo a un análisis más profundo, similar al realizado al comienzo del capítulo 5, para incluir los aspectos externos a la demanda que no se explican mediante su comportamiento histórico.

El modelo propuesto será utilizado en la simulación para poder determinar, comparando el pronóstico con la demanda simulada, el inventario resultante mantenido.

6.2 Descripción General del Modelo

La primera parte del modelo se basa en un pronóstico agrupado por mes de las unidades totales de la presentación estudiada. Cabe recordar que cada presentación posee distintos artículos finales de características similares. En la segunda parte del modelo las unidades totales obtenidas serán distribuidas en cada uno de los artículos. Para realizar esto se elabora un nuevo pronóstico del porcentaje de participación de cada SKU (stock-keeping unit). Es necesario aclarar que se utilizarán dos métodos diferentes para elaborar los distintos pronósticos. La razón fundamental para efectuar un estimado de las unidades agrupando todos los artículos de la presentación es que de esta manera se logra una mayor precisión en el pronóstico. En la medida en que se analiza una variable (ventas de la presentación) que resulta de la sumatoria de otras (ventas de artículos finales) es razonable esperar que se compensen los desvíos positivos de cada artículo con los negativos. Por lo tanto la variabilidad resultante de la presentación es menor y se pronostican las unidades con mayor precisión que intentando aplicar el método a cada artículo por separado. Lograr un menor error en los estimados es uno de los objetivos de este trabajo ya que esto permitirá disminuir el inventario promedio de producto terminado.

Para pronosticar las unidades totales de la presentación, de todos los métodos estadísticos a considerar se seleccionó un suavizamiento exponencial con tendencia. Las principales razones que influyeron en la elección fueron la velocidad de cálculo y la posibilidad de tener en cuenta la tendencia en los pronósticos. Un método como por ejemplo la regresión múltiple requiere de un análisis profundo de las variables independientes que gobiernan de forma general el comportamiento de la demanda, lo cual requeriría mucho tiempo de estudio y atrasaría considerablemente el proceso de estimación a corto o mediano plazo. Sería razonable utilizar este tipo de métodos (denominados causales) para planear la demanda de largo plazo (varios años). No obstante esto corresponde a la alta gerencia y no se encuentra relacionado con el

proceso de planeación de la demanda, que abarca un análisis de menor plazo. Otros métodos que sí suelen ser utilizados dentro de un horizonte de tiempo más pequeño, como los promedios móviles ponderados o el suavizamiento exponencial simple poseen un cálculo más sencillo que el propuesto, sin embargo no incluyen la tendencia en su algoritmo de cálculo. Conociendo que este factor resulta importante, el modelo utilizado presenta claras ventajas para reducir los errores en el pronóstico. Por medio de esta justificación conceptual se evitará un análisis de comparación detallado de todos los métodos de pronóstico de series de tiempo.

Luego de pronosticar las unidades totales de la presentación será necesario definir qué proporción de las mismas corresponde a cada artículo final. Para poder segmentar el estimado realizado de las unidades, surgió la idea de predecir el porcentaje de participación mensual de cada artículo. Se conoce con certeza que el mismo resulta estable a lo largo del tiempo. A menos que ocurra un cambio repentino en las preferencias de todos los consumidores simultáneamente, resultaría muy difícil que las proporciones no sean contempladas mediante el método utilizado. Para lograr este objetivo se obtuvieron las participaciones históricas de cada artículo y se aplicó un método de promedios móviles simple. Se optó por el mismo debido a su sencillez de cálculo y la menor cantidad de parámetros a definir. Para realizar todos los métodos de pronóstico se utilizó la herramienta Excel de Microsoft Office.

6.2.1 Modelo de Suavizamiento Exponencial para estimar la presentación.

En principio se tomó como base del modelo una planilla de cálculo incluida en un libro de investigación de operaciones¹⁰, a la cual se le realizaron ciertas modificaciones. Luego se incorporaron las ventas históricas de la presentación, que involucraron los 30 datos mensuales de los últimos dos años y medio (mostrados en la Figura 5.1). El método propuesto persigue el objetivo de pronosticar los próximos meses, y se irá retroalimentando con los datos reales observados cada mes. El objetivo principal es generar un dato basado en la demanda histórica que pueda ser utilizado de referencia para elaborar un pronóstico final teniendo en cuenta otras consideraciones, de acuerdo al proceso establecido de planeamiento de la demanda (definido en el capítulo 3).

El modelo se basa en las siguientes ecuaciones, que fueron tomadas del libro Investigación de Operaciones de Wayne Winston.

$$L_t = \alpha x_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (6.1)$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (6.2)$$

$$f_{t,k} = L_t + kT_t \quad (6.3)$$

¹⁰ Wayne L. Winston. "Investigación de Operaciones. Aplicaciones y Algoritmos." Thomson, 4 ed.

Donde

$L =$ Nivel base.

$T =$ Tendencia.

$t =$ Número de período.

$\alpha, \beta =$ Parámetros del modelo.

$f_{t,k} =$ Pronóstico para el período $t + k$

$k =$ Período a pronosticar respecto del período t .

$L_0 =$ Valor inicial del nivel base.

$T_0 =$ Valor inicial de la tendencia.

$x_t =$ Ventas observadas en el período t .

Para obtener los valores semilla del nivel base y la tendencia se consideraron los resultantes de la recta de tendencia lineal mostrada en la Figura 5.1.

El siguiente paso fue seleccionar los valores de los parámetros del modelo: α y β . Se deben entender estos parámetros como constantes que determinan el ajuste de los futuros estimados en función a las diferencias ocurridas entre las ventas reales y el pronóstico. El parámetro β afecta la tendencia y el α indica que peso se le asigna a los datos más recientes. Frente a una desviación grande del pronóstico respecto de la última observación el método corregirá los futuros estimados más rápidamente si α es mayor. Ambos parámetros varían entre 0 y 1.

Inicialmente se consideró la opción de elegir los valores que generen la menor desviación media absoluta histórica (MAD por sus siglas en inglés). Esta es la medida principal utilizada para establecer cuán preciso es el método de pronóstico. Consiste en calcular el promedio del valor absoluto del error entre la demanda real y el estimado realizado. Sin embargo, cuando se obtuvieron los valores que minimizaban el error histórico (utilizando la herramienta Solver de Excel) se observó que el β era muy cercano a 0. El problema que surge de aplicar un valor de este tipo es que el modelo reaccionará lentamente a cambios de tendencia. Si bien en el pasado la misma fue muy estable a lo largo del período analizado, esto no implica necesariamente que en el futuro se sostenga de la misma manera. Para incluir en el modelo la posibilidad de adaptarse a cambios de tendencia se impuso un $\beta=0,1$. Este valor es recomendado por varios libros que tratan el tema debido a que es lo suficientemente grande como para detectar cambios en la tendencia e incluirlos en los pronósticos gradualmente. No obstante es a su vez lo suficientemente pequeño como para no modificar considerablemente la tendencia por cada error ocurrido en la estimación.

Determinar el parámetro α requirió un mayor esfuerzo. Se comenzó obteniendo el valor que minimiza el MAD, de la misma manera que se había hecho con β . Sin embargo, un valor constante implica que el método reaccione con la misma intensidad frente a cualquier magnitud de desvío. Esta característica puede ser admitida en β ya que los cambios de tendencia se presentan gradualmente, no obstante no resulta aceptable en α .

Este último parámetro debería hacer reaccionar el pronóstico con mayor velocidad en situaciones de grandes desvíos. A su vez, si se presenta un desvío pequeño respecto del MAD medido será necesario alterar el estimado futuro en una menor magnitud.

Otra consideración que se encuentra relacionada con la determinación del parámetro α es qué cantidad de datos tener en cuenta para el cálculo del MAD. ¿Hasta qué punto es realmente representativo tomar todos los datos históricos y otorgarle a cada uno de ellos la misma importancia? Con el fin de sortear los problemas comentados se introdujo una corrección al método clásico de suavización exponencial con tendencia.

La modificación propuesta consiste en el cálculo de una señal de rastreo. Esta es una medida que indica si un método de pronóstico está previendo con precisión los cambios reales en la demanda¹¹. La introducción de este parámetro permite detectar cuándo el pronóstico ya no está reflejando adecuadamente la demanda. Para un valor de 0,1 de α en los suavizamientos exponenciales del MAD y el error utilizados en el cálculo de la señal de rastreo, se conoce que si esta resulta mayor a 0,51 entonces el modelo de estimación ya se encuentra fuera de los límites de control¹².

El cálculo de esta señal se realiza mediante la siguiente fórmula.

$$SR \text{ (Señal de Rastreo)} = \left| \frac{E_t}{MAD_t} \right| \quad (6.4)$$

Donde E_t y MAD_t se calculan utilizando un suavizamiento exponencial simple de acuerdo a las fórmulas mostradas a continuación.

$$E_t = \alpha e_t + (1 - \alpha)e_{t-1} \quad (6.5)$$

$$MAD_t = \alpha |e_t| + (1 - \alpha)MAD_{t-1} \quad (6.6)$$

En estos casos se optó por $\alpha=0,1$. Es un valor razonable que balancea adecuadamente el peso asignado tanto a los datos históricos como a las últimas observaciones.

La mayor utilidad de la señal de rastreo se encuentra cuando se la utiliza como parámetro α del modelo de suavizamiento exponencial para pronosticar la presentación completa. Se logra de esta manera obtener una suavización adaptativa. En ella se adapta el valor de α , incrementándolo cuando el pronóstico es deficiente y disminuyéndolo cuando el método funciona correctamente. Es decir, el concepto se basa por un lado en asignar mayor peso a los datos recientes cuando la señal de rastreo detecta que los datos históricos no pudieron predecir adecuadamente los últimos datos observados. Por otro,

¹¹Krajewski, Ritzman y Malhotra. "Administración de Operaciones. Procesos y cadenas de valor." Prentice Hall, 8va ed.

¹² Valor calculado por Trigg. Mencionado en el libro de Steven Nahmias, "Análisis de la producción y las operaciones." Mc Graw Hill, 5ta ed.

se evita corregir el pronóstico cuando el mismo funciona apropiadamente, para no darle importancia a los eventos aleatorios.

Una vez establecidos los parámetros a utilizar ya queda definido el modelo para pronosticar las unidades totales de la presentación a vender en los próximos meses. Para brindar la información que necesita el proceso de planificación de la producción se debe desagregar el estimado en artículos finales, lo cual se detalla a continuación.

6.2.2 Modelo de Promedios Móviles para pronosticar artículos finales.

Hasta ahora se logró pronosticar las unidades mensuales a vender de la presentación en los próximos meses. La razón por la cual se hizo esto es que al estimar con un mayor nivel de agregación aumenta la precisión. Sin embargo todavía queda por responder cuánto se venderá de cada artículo final. Para definir este aspecto se consideró analizar la participación que cada uno posee dentro de la presentación.

A lo largo de los 30 meses observados, la participación de los artículos en la presentación es relativamente estable. Por ejemplo, considerando el de mayor participación, se detecta un máximo de 9% y un mínimo de 7,2% en los 2 años y medio registrados. El promedio se encuentra alrededor del 8%. Con los restantes artículos suceden situaciones muy similares de estabilidad. Al observar estos datos se puede llegar a la rápida conclusión de que a pesar de los incrementos en las ventas debido a la marcada tendencia, las preferencias de los consumidores no se han modificado en absoluto. Sería interesante realizar una investigación de mercado para poder encasillar adecuadamente al consumidor final de esta presentación, así como también poder determinar cuáles son las causas de la tendencia detectada. De esta manera se comprendería mejor por qué los porcentajes de participación no han cambiado a lo largo de los últimos años.

Debido a la estabilidad de la participación detectada y la numerosa cantidad de artículos presentes, se implementó el método más sencillo conocido para pronosticar la participación de cada uno: Promedios Móviles. El modelo consiste en realizar un promedio simple de los últimos datos históricos observados de cada artículo. Un algoritmo tan sencillo permite un cálculo veloz y entendible.

El único parámetro que requiere el modelo propuesto es el número n de períodos a considerar para el cálculo del promedio. Es decir, se podría hacer el promedio de los 12 períodos anteriores como así también solamente los últimos 3 meses. A su vez, existe la posibilidad de variar el parámetro n para cada artículo pronosticado. Finalmente se optó por tomar un mismo n para todos. La decisión se basó en que al resultar relativamente estables los datos históricos y sin una marcada tendencia no existe razón alguna para pensar que algunos artículos se pronosticarán mejor considerando una cantidad diferente de períodos. Otra razón implicada fue la facilidad con la que se puede implementar en una hoja de cálculo, ya que si los n fueran diferentes entonces habría que armar en detalle el método para cada uno de los artículos.

Para determinar el parámetro n se utilizó la herramienta CB Predictor del Crystal Ball, la cual sirve para comparar distintos métodos de pronósticos y determinar los parámetros de cada uno que producen el menor desvío respecto de las observaciones históricas. Si bien se utilizó con el segundo objetivo en mente, se observó que de todos los métodos aplicados la primera opción sugerida fue el promedio móvil simple. El valor de n propuesto por esta herramienta varió de acuerdo a cada artículo analizado. En general el mismo oscilaba alrededor de $n=6$ por lo tanto se seleccionó este valor para aplicar a todos los artículos finales.

Con la definición del parámetro n el modelo de promedio móvil simple ya queda determinado y se podría concluir con esta sección. Sin embargo, hay un punto fundamental que todavía no se ha discutido. Cuando se pronostiquen las participaciones de cada uno de los artículos en forma individual, resultará que la sumatoria de todas ellas difícilmente sea exactamente el 100%. Esto es un problema porque entonces no se estarían estimando realmente las unidades establecidas por el método de suavizamiento exponencial para la presentación. Con el fin de solucionarlo, se calculó la diferencia entre el 100% y la suma de todos los porcentajes pronosticados para cada mes, de acuerdo a la siguiente fórmula.

$$d = 100\% - \sum_{i=1}^k PPA_i \quad (6.7)$$

Siendo k la cantidad total de artículos finales, d la diferencia observada entre el 100% y el porcentaje total pronosticado y PPA_i el pronóstico de la participación del artículo i . Se hace notar que la sumatoria de los porcentajes podrá ser menor al 100% así como también excederlo. En este último caso se restará el exceso proporcionalmente a cada pronóstico realizado.

Luego se distribuyó la diferencia mensual calculada a cada porcentaje pronosticado, ponderándola de acuerdo a la participación de cada pronóstico respecto del total. La fórmula utilizada se muestra a continuación.

$$PPCA_i = PPA_i + \frac{d(PPA_i)}{\sum_{i=1}^k PPA_i} \quad (6.8)$$

Donde $PPCA_i$ es el pronóstico de la participación corregido del artículo i .

A través de estos sencillos cálculos que se deben realizar por artículo y mes se logra condicionar el porcentaje pronosticado al 100%, con lo cual se garantiza que todas las unidades estimadas al nivel de agregación de la presentación son respetadas al distribuir las en cada artículo final.

6.3 Ideas Principales

- Se plantea un modelo basado en el comportamiento histórico de las ventas. Es una herramienta a utilizar en el proceso de planificación de la demanda y se recurrirá a ella en el modelo de simulación para evaluar los niveles de inventario resultantes. El modelo involucra dos métodos diferentes de pronóstico.
- El primer método es un suavizamiento exponencial adaptativo y se utiliza para realizar el forecast de las unidades totales de la presentación. El segundo se basa en promedios móviles para pronosticar la participación de cada artículo en la presentación.
- Los pronósticos de las participaciones de cada artículo fueron corregidos para lograr que la sumatoria total sea del 100%.

CAPITULO 7 - SIMULACIÓN

7.1 Introducción

El modelo de simulación será descrito en el presente capítulo, así como también los resultados obtenidos del mismo y los supuestos realizados. En esta sección es justamente donde se utilizan las conclusiones del capítulo de análisis de la demanda y el método de pronóstico. Las finalidades principales de este modelo son, por un lado, poner a prueba el pronóstico y conocer los inventarios resultantes generados por su utilización, y por otro permitir la evaluación de distintos niveles de stock de seguridad a mantener de acuerdo al nivel de servicio deseado.

7.2 Descripción del Modelo

El modelo se realizó completamente en Excel, mediante un programa llamado Crystal Ball. Se basa en una simulación estática (Monte Carlo) en la cual se generan números aleatorios de acuerdo a una distribución determinada (variables de entrada) y se registra la estadística de los resultados obtenidos. Al no existir dependencia del error entre un período y otro se puede considerar un modelo en el cual el transcurso del tiempo no es relevante. Básicamente la forma en que se produce la secuencia de eventos consiste en primero generar los números aleatorios de los 12 meses establecidos como período de análisis y luego actualizar las hojas de cálculo del Excel. Es decir, se considera la demanda de todos los períodos definida desde un principio. El algoritmo del método de pronóstico utilizado permite sin ningún problema estimar los meses siguientes aún cuando la demanda de todos los meses ya esté determinada desde un inicio.

7.2.1 Simulación de la demanda total de la presentación

La idea principal que detrás del modelo es simular la demanda real de una cierta presentación. Continuando con el ejemplo que se analizó a lo largo del trabajo, se aplicará la simulación a la presentación estudiada. Para ello se consideraron los resultados de la descomposición en de series de tiempo realizada en el capítulo de análisis de la demanda. Al no haber observado estacionalidad, se debe tener en cuenta solamente la tendencia y la aleatoriedad. A través de estos factores se replicará la demanda mediante la simulación, la cual brindará los datos de entrada para el modelo. Estos datos consisten en los 12 meses siguientes a partir del último dato histórico registrado (Junio 2009).

Una vez generada la demanda se aplicará el método de pronóstico explicado en el capítulo anterior. Comparando la predicción con la demanda simulada se obtendrá el error de estimación. A partir de la diferencia observada en cada período se calculará el inventario resultante. Esta será la principal medida que permitirá determinar por un lado cuál es el stock promedio mantenido a lo largo del total de los períodos simulados (1 año) y por otro cuántas veces quiebra el inventario debido a que la demanda supera el pronóstico. La variable de decisión considerada será el nivel de stock de seguridad a mantener, el cual afectará sin duda las dos medidas mencionadas anteriormente.

7.2.2 Simulación de la demanda de artículos finales

Finalizado el procedimiento anterior, se debe segmentar la demanda total en los distintos artículos finales. A diferencia el método para simular las unidades totales de la presentación, en esta sección se simuló la participación que tiene cada artículo. Multiplicando los valores de ambas simulaciones se pueden obtener las unidades demandadas de cada artículo y compararlas con las pronosticadas. Si bien el stock resultante (sin tener en cuenta el inventario de seguridad) a nivel presentación será el mismo que antes, este nuevo enfoque permite un análisis detallado del nivel de servicio al cliente brindado. Por ejemplo, teniendo en cuenta sólo las unidades totales de la presentación la medida del nivel de servicio sería cuántos meses quebró el stock. Esto quedaría indicado por los períodos que tuvieron una demanda superior a la estimada, y en caso de que no existiera stock de seguridad alguno se esperaría que ocurriera durante la mitad de los meses que se analicen (por la distribución normal del error). No obstante esto no es una buena medición del nivel de servicio debido a que por más que el pronóstico total no alcance a cubrir la demanda es posible que algunos artículos la cubran y otros no. La medida que se adoptó finalmente fue la cantidad promedio de artículos que no satisfacen la demanda cada mes.

Al simular las distintas participaciones de cada artículo final se incurre en un error similar al ya descrito en el modelo de pronóstico. El mismo consiste en que resulta prácticamente seguro que la suma de los porcentajes totales simulados no serán exactamente 100%. Este problema se resolvió de igual forma que en el capítulo anterior: Se divide el porcentaje faltante o sobrante (sumando el primero y restando el segundo) entre las distintas participaciones de cada artículo ponderando dicha diferencia por el peso de cada participación respecto del total. De esta forma se asegura que la sumatoria total de las participaciones en cada mes sea exactamente igual al 100%. Las fórmulas empleadas son las mismas que las mostradas en el final del capítulo anterior, haciendo la salvedad de que en vez de utilizarse el pronóstico de la participación se emplea la participación simulada.

7.2.3 Stocks resultantes y de seguridad

Para brindar una perspectiva más completa del modelo es necesario describir cómo se calcularon los stocks de seguridad. Es preciso aclarar que debido a cómo se elaboró el modelo surge la necesidad de establecer dos tipos de stocks de seguridad. El primero tiene la finalidad de brindar protección contra los errores ocurridos en la estimación de las unidades totales de la presentación. El segundo pretende cubrir las desviaciones provenientes de los pronósticos de las participaciones de cada artículo final. La fórmula bajo la cual se realizaron los cálculos se presenta a continuación¹³.

¹³ Vollman, Berry, Whybark y Jacobs. "Planeación y control de la producción. Administración de la cadena de suministros." 5a. ed. Mc Graw Hill, 2005.

$$\text{Inventario de Seguridad} = Z\sigma_E \quad (7.1)$$

$$\sigma_E = 1,25 (\text{MAD}) \quad (7.2)$$

Donde

σ_E = Desviación estándar de la distribución del error de pronóstico

Z = valor apropiado de una tabla de distribución de probabilidades normal estándar.

El inventario de seguridad indicado se debe calcular para cada mes de la simulación. A través de la fórmula presentada se logra establecer la protección necesaria fijando un determinado nivel de servicio al cliente (con el parámetro Z) y teniendo en cuenta la variabilidad del error de pronóstico (representada por σ_E). Es pertinente aclarar que el stock de seguridad tiene como fin proteger contra los desvíos de pronóstico, no la variabilidad de la demanda. Si se pronosticara con un 100% de exactitud entonces no se necesitaría un inventario de seguridad.

Los dos tipos de stocks de seguridad difieren en el MAD (error medio absoluto) considerado. A nivel presentación se mide el error del pronóstico en las unidades totales y se realiza una suavización exponencial del MAD para darle mayor peso a los últimos meses. A nivel de artículo final se mide el MAD a través de un promedio móvil simple de 6 períodos, de igual manera que en el método de estimación para pronosticar cada participación.

Un último aspecto a desarrollar es el cálculo del inventario resultante a fin de cada mes y el stock promedio de cada período. En el caso de esta presentación particular, se supone un nivel de constante de producción y demanda a lo largo de cada mes. Hay que dejar en claro que esto no ocurre exactamente así en la realidad ya que por un lado hay lotes de fabricación y por otro la demanda se produce a través de pedidos (los cuales en general aumentan su cantidad en la última semana del mes). No obstante para realizar un primer modelo y evitar una alta complejidad se puede hacer esta suposición.

De esta manera se considera que el inventario resultante a fin de mes es simplemente la resta entre la demanda simulada y el mayor valor entre el inventario del período anterior y la estimación de la demanda más el stock de seguridad del mes en cuestión. El stock promedio mantenido se obtiene a partir del promedio de los inventarios de fin de mes registrados entre dos períodos consecutivos.

7.2.4 Supuestos del Modelo

En este segmento se mencionarán los supuestos más importantes sobre los que se basa el modelo. Algunos de ellos ya fueron comentados con anterioridad no obstante se discutirá aquí su validez y el desvío respecto de la realidad que cada uno de ellos genera.

- a) **Error de la demanda independiente entre períodos.** Este supuesto es fundamental para poder simular la aleatoriedad de la demanda en base a la distribución asignada al error respecto de la línea de tendencia. Si bien se mostró que en ocasiones aparecen períodos con errores dependientes (en los casos de

aumento de precios), la suposición realizada es una buena aproximación para la mayoría de los períodos ya que se pudo observar la falta de correlación entre ellos.

- b) **Los factores que determinaron la demanda en el pasado se mantienen vigentes.** Sin duda alguna el supuesto anterior resulta ser la base del modelo de simulación. Se asume que tanto la tendencia como la variabilidad observada en el pasado sigue vigente en el futuro. En este trabajo no se tendrá en cuenta como impacta un cambio en alguno de los factores mencionados.
- c) **La producción coincide en tiempo y cantidad producida exactamente con el estimado.** Este supuesto tiene implícito una capacidad productiva infinita de la planta y la no existencia de lotes de producción. Seguramente estas sean las restricciones menos representativas de la realidad y distorsionen los resultados del modelo. En algunas presentaciones los lotes productivos son flexibles debido a que utilizan productos terminados como semielaborados y quedan reducidos a la conveniencia según la puesta a punto de la máquina. No obstante hay otras presentaciones que envasan luego de un proceso en batch, con lo cual siempre se debe considerar una cierta cantidad fija de unidades determinada por el tamaño del batch. Es en estos casos donde el supuesto genera distorsiones importantes.
- d) **No se producen faltantes ni ningún otro tipo de problema con los insumos que retrasen o perjudiquen la producción.** Se evita de esta forma cualquier tipo de problema con el abastecimiento de materiales y semielaborados que pueda afectar la producción. Se considera que los stocks de insumos se encuentran dimensionados adecuadamente para soportar los distintos volúmenes de elaboración de productos terminados.
- e) **Las ventas y la producción son constantes dentro de cada período.** Nuevamente este supuesto va en contra de los lotes productivos. Además evita la consideración de que la demanda se manifiesta a través de pedidos que, por lo general, son irregulares a lo largo del mes. Se puede detectar que las últimas semanas de cada período la cantidad de pedidos recibidos son mayores a las demás. Si esto se tiene en cuenta entonces resulta necesario nivelar la velocidad de producción para no acumular inventario en exceso durante las tres primeras semanas de cada mes. El supuesto permite analizar los períodos sin entrar en detalle con lo que sucede dentro de ellos.

7.2.5 Variables del Modelo

La simulación realizada posee tres tipos diferentes de variables. Las de entrada son las que se pretenden simular, generando números aleatorios para cada una de ellas. Las de decisión involucran aquellas sobre las cuales se tiene control y pueden ser modificadas. Por último las variables de salida son las que se pretenden observar y optimizar.

Variables de Entrada. En este modelo serán las demandas y participaciones de cada mes. Existen 12 variables (se simulan 12 meses en total) para generar la demanda total de la presentación. Además se agregan 468 variables (12 meses x 39 artículos finales) que representan la participación mensual de cada artículo final en la presentación.

En el Crystal Ball se denominan “Assumption Variables”, a las cuales se les asigna una distribución particular. En este caso, se modela la aleatoriedad de la demanda de la presentación asignándole a cada mes una distribución normal de media 0 y desvío 14.097. Al mismo tiempo se acotan los valores extremos entre -100.000 y 100.000 unidades ya que sería irreal que los mismos se superen. En la figura 7.1 se muestra como se define una de estas variables. Con respecto a las variables de la participación de los artículos finales se asignó también una distribución luego de una validación estadística. Se obtuvo el promedio y desvío de cada una de ellas y se definieron como “assumptions”. A su vez, también fueron acotadas entre porcentajes realistas.

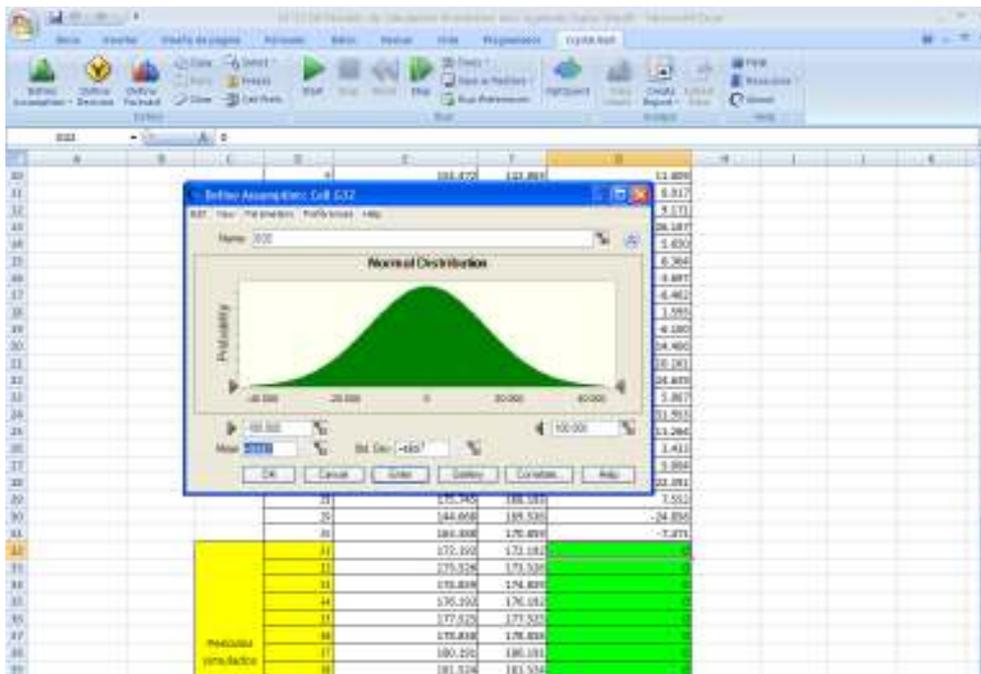


Figura 7.1 Definición de Variables de Entrada.

Variables de Decisión. En el modelo propuesto es el nivel Z de la fórmula del inventario de seguridad. Define el nivel de servicio brindado e impacta en el inventario promedio resultante. Se debe aclarar que hay dos variables Z a considerar. La primera se encuentra relacionada con el inventario de seguridad a mantener para evitar quiebres en las unidades totales de la presentación, y la segunda corresponde a la protección por la variabilidad de la participación de cada artículo final dentro de la presentación. El valor de Z está directamente relacionado con la probabilidad de que la demanda (o la participación) real no supere a la estimada. En el caso del Z relativo a la participación a nivel artículo se considera un Z generalizado para ellos en su totalidad y no se establece uno por cada artículo. La razón por la cual se hizo esto es que de esta manera se evalúan

una cantidad menor de variables y se simplifica el análisis. Si se estudiaran todos los casos posibles considerando un nivel Z para la participación de cada artículo entonces la cantidad de resultados se elevaría a un número inmanejable.

En la siguiente tabla se muestran los valores más comunes de Z y la probabilidad mencionada anteriormente, de acuerdo a la distribución normal estándar.

Z	Probabilidad
1	68.2
2	95.4
3	99.7

Tabla 7.1 Valores de Z y su probabilidad.

En la simulación se evaluarán los resultados obtenidos en las variables de salida considerando diferentes valores para los dos Z a tener en cuenta.

Variables de Salida. Existen tres variables de salida a analizar. Una corresponde al modelo a nivel presentación y las restantes al modelo a nivel artículo final. La primera se denomina “Meses con Faltantes de Stock Presentación” y mide cuántos de los 12 meses considerados presentan una demanda mayor a la estimada. Es de gran utilidad para observar a grandes rasgos la influencia que tiene un determinado nivel de Z para la presentación, no obstante dicha variable no se evaluará en los resultados obtenidos.

A nivel artículo se consideran las variables “Promedio Mensual Inventario Total Artículo” y “Promedio Mensual de Cantidad de Artículos con Faltantes”. La primera realiza la misma medición del inventario promedio a lo largo de los 12 meses. Se debe tener en cuenta que este inventario es el promedio resultante de cada una de las diferencias mensuales entre la demanda y la sumatoria del pronóstico más los stocks de seguridad de la presentación y la participación. La segunda variable mide también un nivel de servicio pero teniendo en cuenta los quiebres de cada artículo dentro de un mismo mes. Luego realiza el promedio de la cantidad contada.

7.3 Análisis de resultados

En esta sección se estudiarán los resultados obtenidos en las variables de salida a partir de las simulaciones realizadas con distintos valores de las variables de decisión.

Los resultados estadísticos de las variables de salida se evaluaron con una precisión menor o igual al 1% en valor absoluto en relación a las unidades de medida y un nivel de confianza del 95%.

Las 2 variables de decisión consideradas se variaron en forma discreta, dentro del intervalo $[0,5; 3]$ y con un escalón de 0,25 entre cada simulación (se omite el valor 1,75 para no mostrar un exceso de datos).

Los valores promedio de las variables de salida observados en la simulación se muestran en las tablas 7.2 y 7.3. En ellas se ve claramente que a medida que aumentan

los valores de ambos Z de stock de seguridad los inventarios promedio se incrementan. Lo primero que se identifica es que al aumentar el Z a nivel artículo (de ahora en más lo denominaremos Z_2) dejando fijo el Z a nivel presentación (que llamaremos Z_1) tanto el incremento de inventario como la disminución del nivel de servicio tiene una tasa mucho menor que fijando Z_2 y haciendo variar Z_1 . La conclusión a la que se llega es que el Z_1 acota los niveles de inventario y servicio en distintos rangos de modo general, dentro de los cuales se puede entrar en detalle definiendo el nivel de Z_2 . Esta característica se muestra en la Figura 7.2 en donde cada una de las curvas está dada por los distintos valores de Z_1 , y dentro de cada curva se varía el Z_2 .

Promedio Mensual Inventario Total Artículo (Miles)		Z ₁ del Stk Seg Nivel Presentación										Fila
		0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	
Z ₂ Stk Seg Nivel Artículo	0,5	15,3	18,1	21,1	24,3	27,7	35,1	38,9	42,9	46,9	51,0	1
	0,75	15,5	18,3	21,4	24,8	28,3	35,9	39,9	44,0	48,2	52,4	2
	1	15,6	18,6	21,8	25,2	28,9	36,8	40,9	45,1	49,5	53,9	3
	1,25	15,8	18,8	22,1	25,7	29,5	37,6	41,9	46,3	50,8	55,3	4
	1,5	16,0	19,1	22,5	26,2	30,1	38,5	42,9	47,4	52,0	56,7	5
	2	16,3	19,6	23,2	27,1	31,3	40,3	45,0	49,8	54,6	59,6	6
	2,25	16,4	19,8	23,6	27,6	31,9	41,2	46,0	50,9	56,0	61,0	7
	2,5	16,6	20,1	24,0	28,1	32,6	42,1	47,0	52,1	57,3	62,5	8
	2,75	16,7	20,3	24,3	28,6	33,2	43,0	48,1	53,3	58,6	63,9	9
	3	16,9	20,6	24,7	29,1	33,8	43,9	49,1	54,5	59,9	65,4	10
	Columna	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Tabla 7.2 Valores Medios (en miles) de la variable “Promedio Mensual Inv. Total Art.” con distintos Z .

Promedio Mensual de cantidad artículos con faltantes		Z ₁ del Stk Seg Nivel Presentación										Fila
		0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	
Z ₂ Stk Seg Nivel Artículo	0,5	15,56	13,46	11,47	9,65	8,02	5,35	4,31	3,45	2,75	2,18	1
	0,75	15,44	13,28	11,25	9,40	7,74	5,06	4,02	3,18	2,49	1,95	2
	1	15,32	13,11	11,04	9,14	7,46	4,77	3,74	2,92	2,25	1,73	3
	1,25	15,20	12,94	10,82	8,89	7,19	4,49	3,48	2,67	2,03	1,53	4
	1,5	15,08	12,76	10,60	8,65	6,93	4,22	3,22	2,44	1,82	1,35	5
	2	14,84	12,42	10,18	8,16	6,41	3,71	2,75	2,01	1,45	1,04	6
	2,25	14,72	12,25	9,96	7,92	6,15	3,47	2,54	1,82	1,29	0,90	7
	2,5	14,60	12,08	9,76	7,69	5,91	3,24	2,33	1,64	1,14	0,78	8
	2,75	14,48	11,91	9,55	7,46	5,66	3,03	2,14	1,48	1,00	0,67	9
	3	14,36	11,74	9,34	7,23	5,43	2,82	1,96	1,32	0,88	0,58	10
	Columna	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Tabla 7.3 Valores Medios de la variable “Promedio Mensual Cantidad Art. con faltantes” de acuerdo a los distintos niveles Z de stock de seguridad.

Continuando con un análisis de la Figura 7.2, si se consideran todas las curvas como una sola se puede ver que la relación existente entre el nivel de servicio y el inventario promedio es exponencial. Esto implica que cada vez que se mejora el nivel de servicio hay que aumentar en una mayor magnitud la inversión en inventario para lograr una nueva disminución en la cantidad promedio de artículos con faltantes. El punto de inflexión se encuentra alrededor de un inventario promedio de 42.000 unidades y una cantidad promedio de artículos con faltantes de 3,2. Se debe tener en cuenta esto a la hora de seleccionar el nivel de servicio requerido aunque puede ocurrir que se justifique la alta inversión debido a que no es aceptable que se produzcan faltantes.

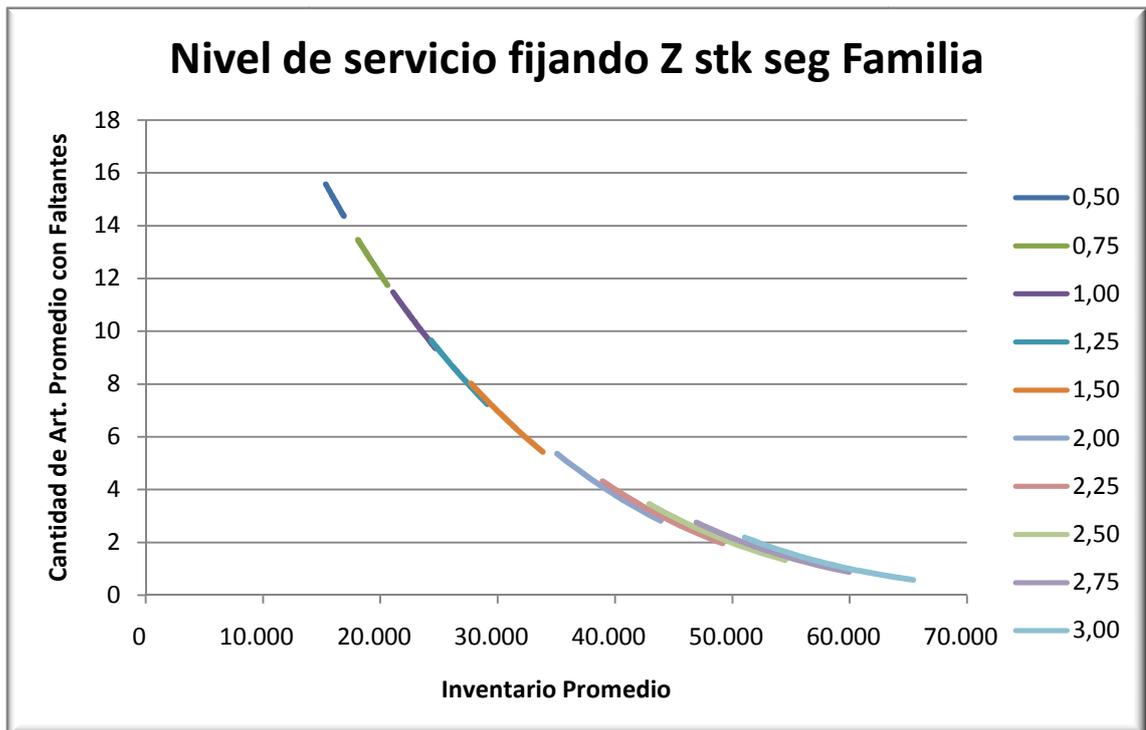


Figura 7.2 Nivel de Servicio e Inventario fijando el Z de Stk Seg por Familia y variando el Z a nivel Artículo para cada curva.

La principal decisión a tomar es la elección del nivel de servicio adecuado para la presentación, teniendo en cuenta la inversión a realizar. Para ello se debe considerar la importancia que tiene la presentación de acuerdo a cómo se haya definido en la clasificación ABC. Supongamos que en este caso se desea el mayor nivel de servicio estudiado debido a que involucra una presentación importante para el negocio de la empresa. Se establecen entonces niveles Z_1 y Z_2 iguales a 3. El nivel promedio de inventario esperado sería alrededor de 65.000 unidades y el promedio de artículos con faltantes tendría una media de aproximadamente 0,58 (cada 2 meses quiebra el stock de 1 artículo). Comparando este resultado con el inventario promedio mantenido a lo largo de los 2 años y medio anteriores (95.000 unidades) se puede observar una disminución del 30%. A su vez, también se puede remarcar que las fluctuaciones del inventario promedio disminuyeron notablemente. Históricamente el inventario tuvo un desvío

estándar de 28.500 unidades mientras que el desvío promedio observado en la simulación fue de 12.000. El impacto de esta disminución se verá reflejado en la producción ya que no se deberá variar su velocidad de forma repentina sino que será mucho más estable. Es preciso hacer la aclaración de que la comparación entre el inventario promedio histórico mantenido y el resultante de la simulación solamente es viable si se acepta el supuesto de que los factores que gobernaron la demanda en el pasado se mantienen vigentes en el futuro.

Se debe tener en cuenta que al ver estas tablas sólo se puede identificar el valor más probable pero no así la distribución de probabilidad, que indica el rango de valores posibles que pueden llegar a tomar las variables. De hecho, sólo hay un 50% de probabilidad de que ocurra un valor igual o inferior a las 65.000 unidades enunciadas anteriormente. De acuerdo a la Figura 7.3 existe un 95% de probabilidad de que el inventario sea inferior a 78.900 unidades. Desde esta perspectiva se logra reducir el inventario promedio en un 17% con cierta seguridad.

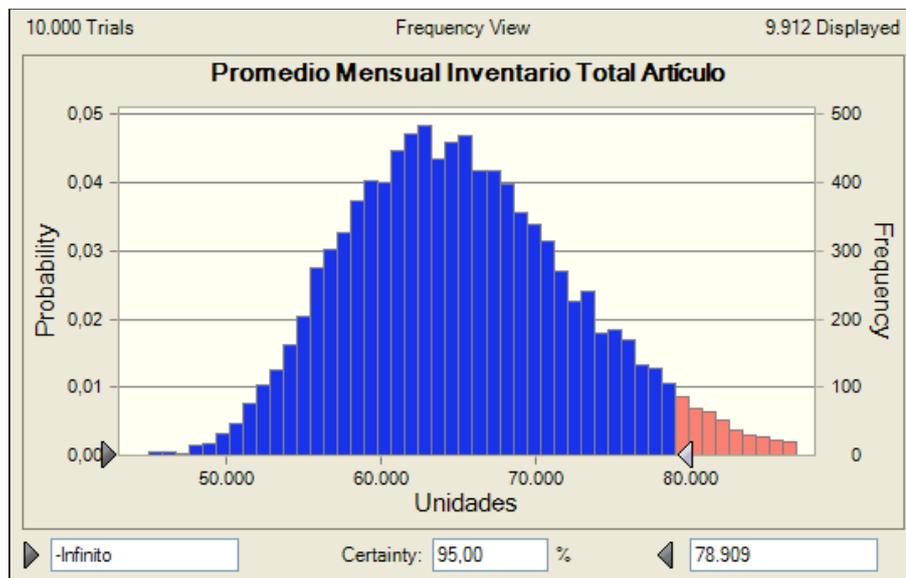


Figura 7.3 Distribución de probabilidad del Promedio Mensual de Inventario a nivel art.

No se debe olvidar que la Figura 7.3 muestra la distribución de probabilidad resultante para los Z_1 y Z_2 iguales a 3. Se debe considerar también la evolución de las distribuciones de probabilidad fijando un Z en un valor y haciendo variar el otro. Se pueden ver ejemplos de lo expuesto en el ANEXO III.

Si bien la reducción obtenida en la presentación no representa un impacto económico importante para la empresa, si se logra extrapolar la misma a todo el inventario entonces se podría llegar a alcanzar un ahorro de costos considerable.

La gran conclusión a la que se arriba en este capítulo es que a través de un método de pronóstico determinado se puede lograr una mejora en los niveles promedio de inventario resultantes.

7.4 Ideas Principales

- A partir de este modelo surge la necesidad de establecer dos tipos de stocks de seguridad. El primero tiene la finalidad de brindar protección contra los errores de estimación de las unidades totales de la presentación. El segundo pretende cubrir las desviaciones provenientes de los pronósticos de las participaciones de cada artículo final. Su fin es proteger contra los desvíos de pronóstico, no la variabilidad de la demanda.
- Las variables de entrada son los errores aleatorios mensuales; los cuales serán simulados. Las variables de decisión son los Z que impactan en los niveles de servicio. Las variables de salida son las que se pretenden analizar y consisten en los niveles de stock y servicio resultantes.
- En función de los resultados se llega a la conclusión de que a través de un método de pronóstico se puede lograr una mejora en los niveles promedio de inventario resultantes.

CAPITULO 8 - CONCLUSIONES

8.1 Conclusiones Generales

En el capítulo 1 fue planteado el objetivo del trabajo, el cual consistía en “*Minimizar el inventario de la compañía garantizando el nivel de servicio al cliente deseado*”. A través de una evaluación del estado actual de los procesos clave que impactan directamente en el inventario y nivel de servicio obtenido se logró detectar el punto a mejorar: los estimados de demanda. El análisis fue planteado por dos caminos diferentes.

Por un lado, involucra el entendimiento de los estimados como un proceso y la solución se encara proponiendo los pasos necesarios para efectuar los pronósticos. Los capítulos siguientes se dedicaron a la descripción de las herramientas más importantes requeridas en el proceso de planeamiento de la demanda, aplicando algunas a una determinada presentación. Resulta difícil evaluar los resultados reales de la implementación del proceso propuesto, no obstante sí es posible afirmar que su aplicación permitirá un conocimiento y entendimiento profundo del comportamiento real de la demanda. No caben dudas sobre la relación existente entre esto último y la elaboración de pronósticos más exactos, que indefectiblemente derivarán en menores niveles de inventarios a mantener.

El segundo camino transitado está relacionado con el modelo de simulación. El mismo pone a prueba el método de pronóstico introducido en el capítulo 6 y obtiene distintos niveles de servicio e inventario promedio sobre los cuales la empresa decidirá. Representa una herramienta para la toma de decisiones relativas al inventario a mantener.

Los dos inputs principales para el mismo fueron la simulación de la demanda y los resultados del método de pronóstico del capítulo 6. Se deberían haber utilizado como estimados los resultados de cada ciclo del proceso propuesto en el capítulo 3, sin embargo, era imposible simular el mismo evitando una alta complejidad. Se optó entonces por emplear el método de pronóstico propuesto, que tiene en cuenta exclusivamente el comportamiento histórico de la demanda y corrige sus estimaciones futuras de acuerdo a los desvíos históricos.

Esta consideración aleja el modelo de la realidad, al igual que los supuestos establecidos, como por ejemplo la no existencia de lotes productivos. Se podría objetar desde esta perspectiva que dichos supuestos invalidan las conclusiones obtenidas. La refutación pierde fuerza al momento en que se considera al modelo y sus conclusiones como una primera aproximación a la realidad. La imposición de ciertos supuestos facilita una implementación sencilla. Las conclusiones a las que se arriban se deben entender como la existencia de una posibilidad de mejora. Al estudiar el resultado obtenido con el mayor nivel de servicio posible en la presentación analizada, se detectó que el valor esperado del inventario promedio disminuyó alrededor de un 30%. Sin embargo el hecho de no considerar los lotes de producción tiende a disminuir el stock

promedio. La conclusión del trabajo abre la puerta a esta investigación. Si los resultados obtenidos con la simulación indicaran un aumento de los inventarios promedio entonces ya no quedaría espacio para acercar el modelo un poco más a la realidad relajando los supuestos realizados, con lo cual el método de pronóstico propuesto debería ser descartado. En definitiva, se propone un acercamiento inicial exitoso en el cual se descubre una potencial optimización de los niveles de inventario.

8.2 Futuras Ampliaciones

Continuando con la idea final de la sección anterior, uno de los temas a analizar en futuros trabajos consiste en relajar los supuestos establecidos en el capítulo de simulación para estudiar modelos más realistas. La inclusión de lotes productivos así como también considerar las limitaciones en la capacidad de producción (de máquina y mano de obra) incrementará los inventarios promedio.

Otro punto está relacionado con el estudio de la demanda. Si se admite que la misma no se comporta de forma constante a lo largo del mes entonces es importante evaluar como impacta dicha irregularidad en los inventarios.

Una modificación a realizar consiste en medir los pedidos de los clientes y no las ventas ya que éstos son los que representan realmente la demanda. Las ventas siempre se encontrarán sesgadas por el desempeño de la empresa. A su vez los pedidos de los clientes siempre incluyen varios artículos en cada uno de ellos. Desde este punto de vista ya deja de tener sentido la definición de un nivel de servicio para cada presentación y surge la necesidad de otra medida del mismo, como por ejemplo el porcentaje de pedidos cumplidos a tiempo.

Además de flexibilizar los supuestos, se podrán analizar mediante simulación (incluso con el mismo modelo definido en este trabajo) cómo impactan los cambios de tendencia y variabilidad de la demanda en los inventarios y el nivel de servicio.

ANEXO I

ISSUE

Polvos decolorantes



Polvo decolorante Issue

Para decolorar todo tipo de cabellos. Brinda mayor suavidad y acondicionamiento. Decolora en forma pareja y uniforme hasta 7 tonos de cabello natural.

Es ideal para remover todo tipo de pigmentos artificiales.

Presentaciones: Sobre x 10g, 20g y 70 g.



Issue Natural Blond

Es un polvo decolorante libre de polvillo, de consistencia suave, húmeda y homogénea. Posee un agradable perfume mentolado, aceites minerales, vegetales y emolientes que hidratan la fibra capilar evitando la excesiva pérdida de agua. Decolora en forma pareja y uniforme hasta 7 tonos en cabello natural.

Presentación: Sobre x 15g (en estuche x 10 unidades).



Kit de decoloración Issue

Integra todos los componentes necesarios para una decoloración efectiva: Polvo decolorante Natural Blond, Activador en Crema Issue 20 vol., Ampolla restauradora Issue Control Hair Intense Protect, Pincel aplicador. Puede utilizarse para decolorar todo tipo de cabellos, naturales o teñidos ya que actúa delicadamente sobre los pigmentos del cabello obteniendo decoloraciones rápidas y profundas.

Presentación: Blister.

Tinturas y oxidantes



COLORACIÓN PERMANENTE

- Carta de Colores: 39 tonos
- Presentaciones de Coloración: Sachet, Flow Pack, Kit blister, Kit Twin, Sistema Color y Pomo 47 gr.

ACTIVADOR EN CREMA CON HIERBAS (OXIDANTE)

- Para ser mezclado con tinturas de oxidación, polvo decolorante y aceites decolorantes.
- Presentaciones:
x 20 y 30 vol. ∴ sachet x 50ml y tubo x 70ml

PRESENTACIONES:

- Pomo 47 gr.
- Kit Twin
- Kit Blister

SISTEMA COLOR

El Kit incluye:

- 1) Fluido Protector Pre Color
- 2) Coloración en Crema (sachet)
- 3) Activador Hierbas (sachet)
- 4) Recipiente para la preparación
- 5) Bálsamo Complex Post Color
- 6) Guantes
- 7) Capa protectora
- 8) Toalla quitamanchas

PROFESSIONAL COLOR

oxidantes

OXIDANTES



Dos presentaciones:

- 1) Sachet x 70 cc en 20 volúmenes.
- 2) Envase con diseño ergonómico por 930ml en 10, 20, 30 y 40 volúmenes.

coloración profesional

COLORACIÓN PROFESIONAL (TINTURAS)



Dos presentaciones:

- 1) Pomo x 70g (todos los colores)
- 2) Pomo x 140g (los 34 tonos más vendidos).

sistema de decoloración

SISTEMA DE DECOLORACIÓN



Active Classic

El polvo decolorante tradicional líder del mercado en su versión Classic x 700g Alto rendimiento. Aclara hasta 7 tonos.

Active no volátil

Nueva presentación del tradicional del polvo decolorante Active en su versión no volátil x 500g. Consistencia suave, húmeda y homogénea. Aclara hasta 7 tonos.

Blanc Nature

Buena performance y velocidad, con aceites vegetales y minerales que suavizan y preservan la fibra capilar. Aclara hasta 7 tonos. Ideal para realizar mechas con papel o al aire libre. Preserva la salud del profesional por ser no volátil. Presentación: 700g.

ANEXO II

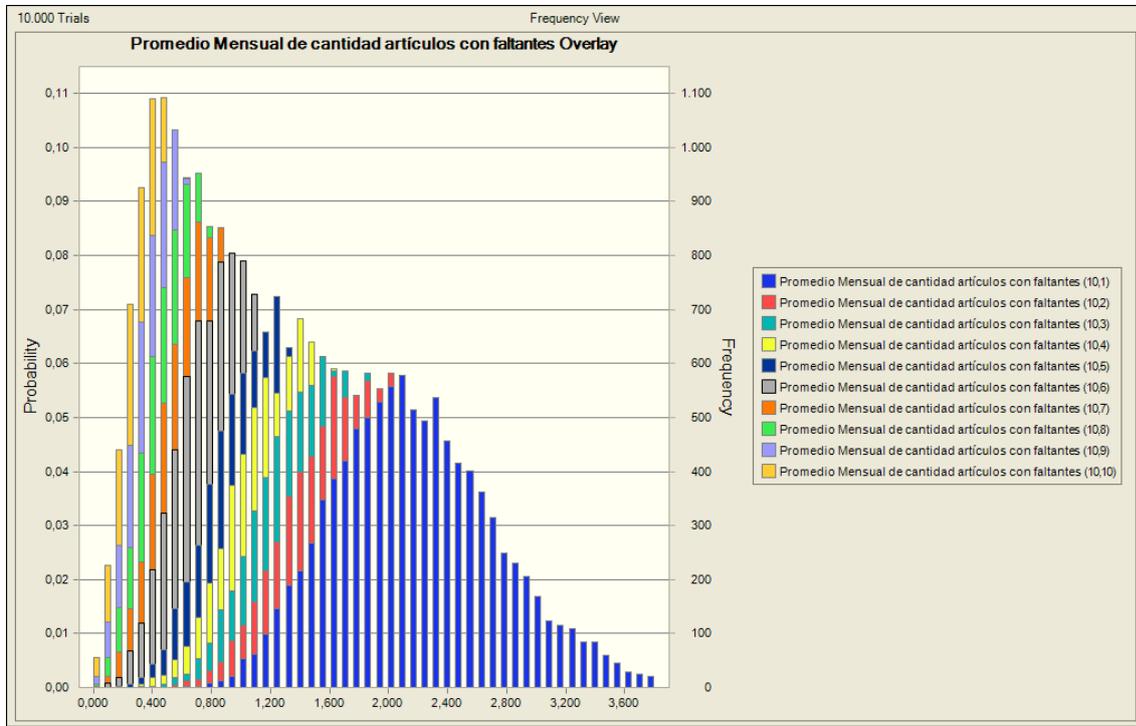
Valores críticos del contraste Kolmogorov – SmirnovTABLA 9. *Contraste Kolmogorov-Smirnov (Lilliefors)*

Tablas de $D_n = |F_n(x) - F(x)|$ para contrastar la hipótesis de normalidad cuando la media y la varianza poblacionales son estimadas por sus valores muestrales.

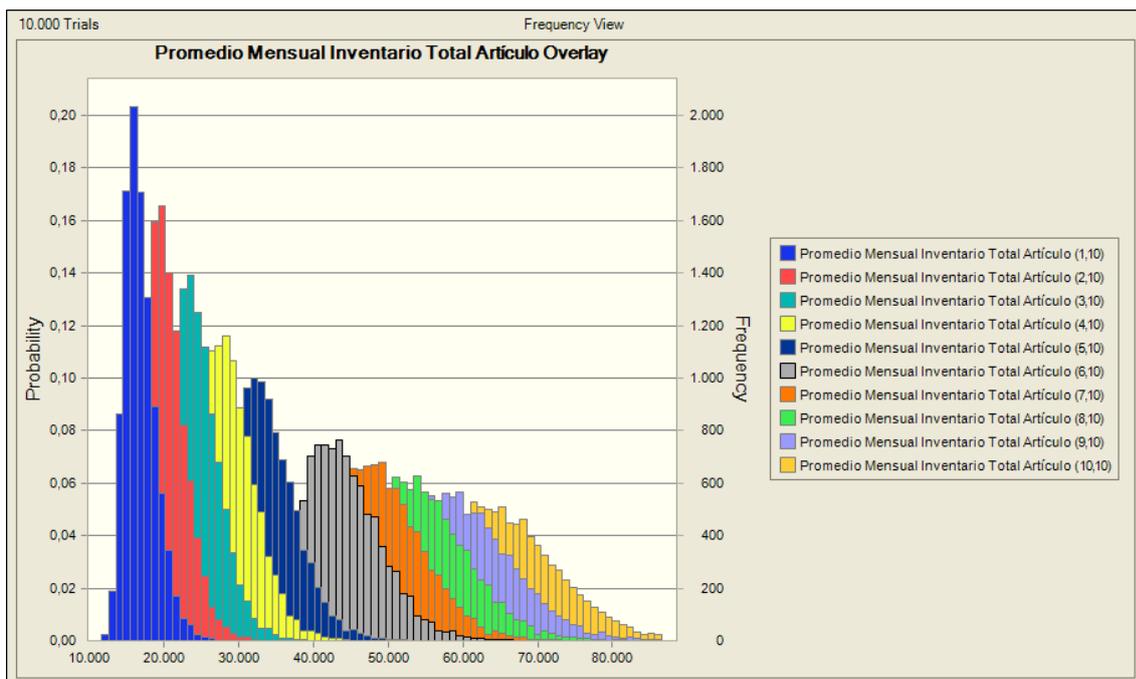
Tamaño muestral n	Nivel de significación				
	0,20	0,15	0,10	0,05	0,01
4	0,300	0,319	0,352	0,381	0,417
5	0,285	0,299	0,315	0,337	0,405
6	0,265	0,277	0,294	0,319	0,364
7	0,247	0,258	0,276	0,300	0,348
8	0,233	0,244	0,261	0,285	0,331
9	0,223	0,233	0,249	0,271	0,311
10	0,215	0,224	0,239	0,258	0,294
11	0,206	0,217	0,230	0,249	0,284
12	0,199	0,212	0,223	0,242	0,275
13	0,190	0,202	0,214	0,234	0,268
14	0,183	0,194	0,207	0,227	0,261
15	0,177	0,187	0,201	0,220	0,257
16	0,173	0,182	0,195	0,213	0,250
17	0,169	0,177	0,189	0,206	0,245
18	0,166	0,173	0,184	0,200	0,239
19	0,163	0,169	0,179	0,195	0,235
20	0,160	0,166	0,174	0,190	0,231
25	0,149	0,153	0,165	0,180	0,203
30	0,131	0,136	0,144	0,161	0,187
>30	$\frac{0,736}{\sqrt{n}}$	$\frac{0,768}{\sqrt{n}}$	$\frac{0,805}{\sqrt{n}}$	$\frac{0,886}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,031}{\sqrt{n}}$

ANEXO III

Distribuciones de probabilidad del “Promedio Mensual de Cantidad de Artículos con Faltantes”

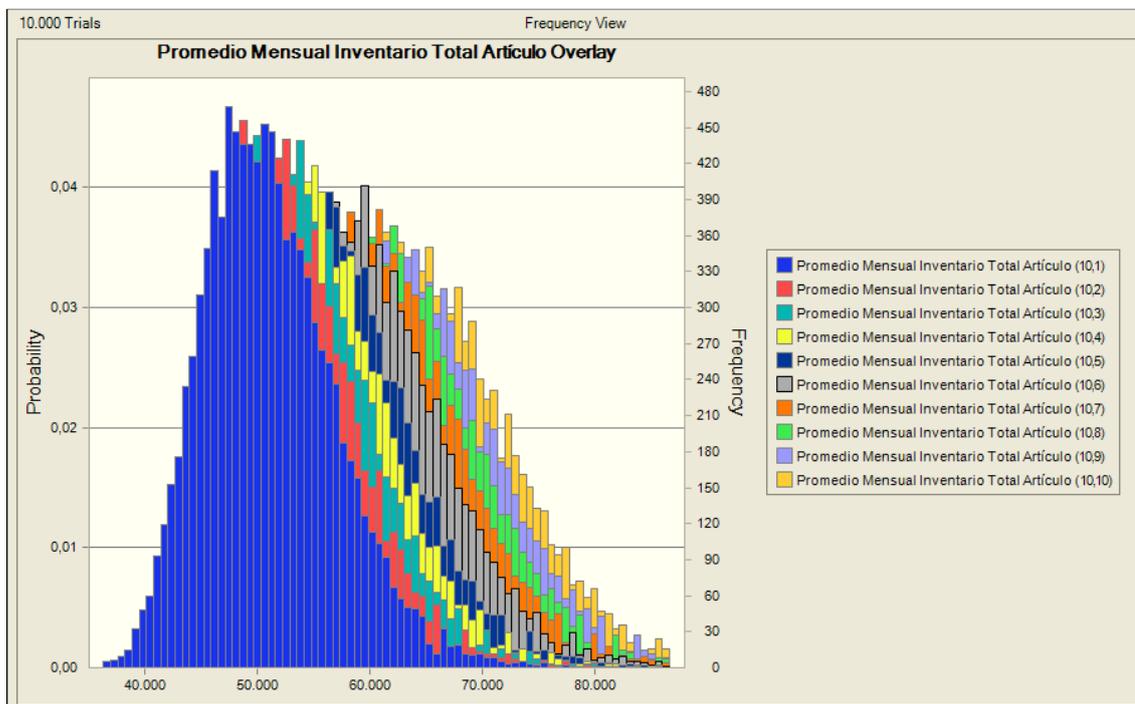


Distribuciones de probabilidad para $Z_1=3$ y haciendo variar Z_2 .

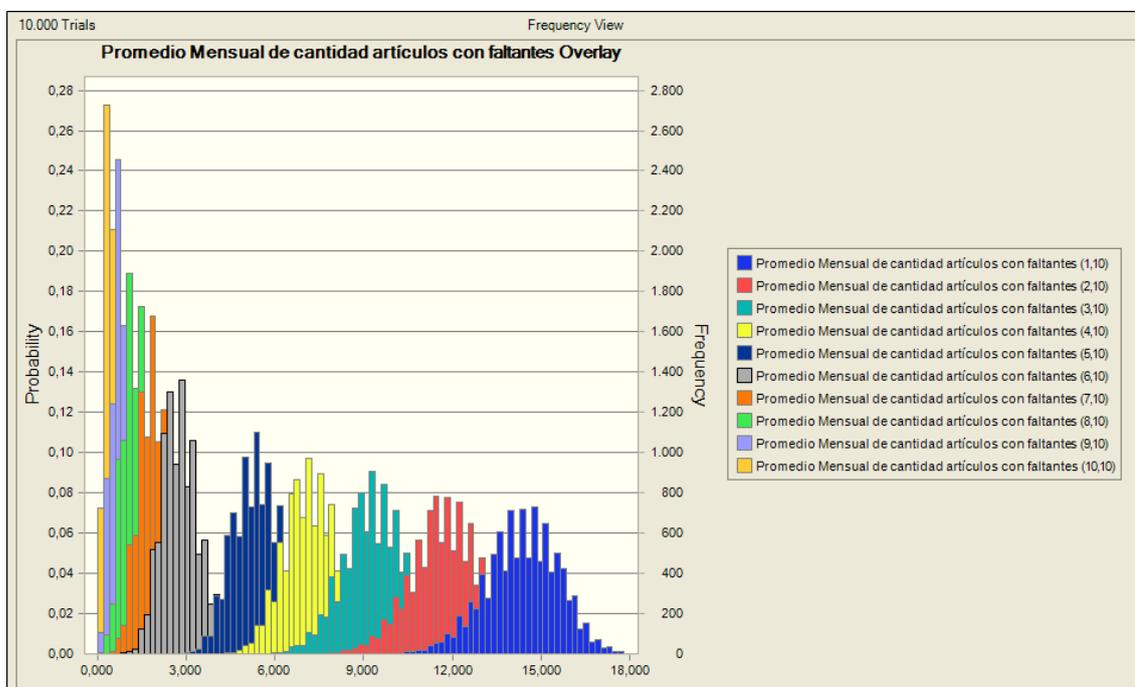


Distribuciones de probabilidad para $Z_2=3$ y haciendo variar Z_1 .

Distribuciones de probabilidad del “Promedio Mensual del Inventario Total Artículo”



Distribuciones de probabilidad para $Z_1=3$ y haciendo variar Z_2 .



Distribuciones de probabilidad para $Z_2=3$ y haciendo variar Z_1 .

BIBLIOGRAFÍA

- Chopra, Sunil; Meindl, Peter; Tercera Edición, 2008; *Administración de la cadena de suministro. Estrategia, planeación y operación*; 536 páginas; Editorial Pearson. ISBN 978-970-26-1192-9
- Winston, Wayne L.; Cuarta Edición, 2005; *Investigación de operaciones. Aplicaciones y algoritmos*; 1418 páginas; Editorial Thomson. ISBN 970-686-362-1
- Fogarty, Donald; Blackstone Jr, John H.; Hoffman, Thomas R.; Segunda Edición; *Administración de la producción e inventarios*; 994 páginas; Compañía Editorial Continental, SA de CV. ISBN 968-26-1224-1
- Nahmias, Steven; Quinta Edición, 2007; *Análisis de la producción y las operaciones*; 785 páginas; Mc Graw Hill. ISBN 007-286538-5
- Vollmann, Thomas E.; Berry, William L.; Whybark, D. Clay; Jacobs, F. Robert; Quinta Edición, 2005; *Planeación y control de la producción. Administración de la cadena de suministros*; 755 páginas; Mc Graw Hill. ISBN0-07-229990-8
- Krajewski, Lee; Ritzman, Larry; Malhotra, Manoj; Octava Edición, 2008; *Administración de operaciones*; 752 páginas; Pearson Educación. ISBN978-970-26-1217-9
- García, Roberto Mariano; Primera Edición, 2004; *Inferencia estadística y diseño de experimentos*; 736 páginas; Eudeba, Universidad de Buenos Aires. ISBN950-23-1295-3
- Devore, Jay L.; Sexta edición, 2004; *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*; 794 páginas; Editorial Thomson. ISBN970-686-457-1
- Schuster, E.W.; S.J. Allen; H.G. Lee; C. Unahabhokha; “*Master production schedule stability under conditions of finite capacity*”, artículo bajo revisión. International Journal of Production Research. <http://ed-w.info/EWSwebpageREFEREEDJOURNAL.htm> sitio vigente al 01/11/2009
- G. Bitran; D. Tirupati; 1989; “*Hierarchical Production Planning.*” MIT Sloan School Working Paper #3017-89-MS
- NIST/SEMATECH e-Handbook of Statistical Methods;
<http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda/section3/autocopl.htm>
- Banks, Jerry; Carson, John; Nelson, Barry; Segunda edición, 1999; “*Discrete – Event System Simulation*”; 548 páginas; Prentice Hall. ISBN 0-13-217449-9