

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

**Optimización de la Cadena de Abastecimiento:
Desarrollo de un Proceso de Planificación de la Demanda y la Oferta en
Unilimpio S.A.**

Julio Esteban Correa Quevedo

Marcel Fernando Filbig Carchi

Tesis de grado presentada como requisito
para la obtención del título de Ingeniería Industrial

Quito, diciembre 2008

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio Politécnico

HOJA DE APROBACION DE TESIS

**Optimización de la Cadena de Abastecimiento:
Desarrollo de un Proceso de Planificación de la Demanda y la Oferta en
Unilimpio S.A.**

Julio Esteban Correa Quevedo

Marcel Fernando Filbig Carchi

Héctor Andrés Vergara, M.Sc.
Director de Tesis y
Miembro del Comité de Tesis

Ximena Córdova, Ph.D.
Miembro del Comité de Tesis

Danny Orlando Navarrete, M.Sc.
Miembro del Comité de Tesis

Fernando Romo, M.Sc.
Decano del Colegio Politécnico

Quito, diciembre 2008

© Derechos de autor
Julio Esteban Correa Quevedo
Marcel Fernando Filbig Carchi
2008

*A nuestros padres, quienes con su apoyo
incondicional permitieron que éste
proyecto sea una realidad.*

AGRADECIMIENTOS

Muchas personas colaboraron directa o indirectamente a la realización del presente proyecto. Agradecemos a Héctor Andrés, por inspirarnos en el enfoque del proyecto y guiarnos durante su elaboración; a Xime, Danny y Pato, por transmitirnos sus conocimientos y experiencias a lo largo de toda nuestra carrera; a Unilimpio, por la oportunidad de realizar este proyecto y la apertura brindada.

RESUMEN

El estudio presentado plantea el desarrollo de un Proceso de Planificación de la Demanda y la Oferta para una empresa de fabricación y distribución. Dicho proceso busca optimizar el uso de recursos necesarios para asegurar un nivel adecuado de disponibilidad de producto a los clientes. El estudio inicia con la descripción y evaluación de la situación actual de la empresa y sus operaciones. A continuación, se desarrolla la planificación de la demanda mediante la elaboración de pronósticos basados en datos de demanda históricos. Posteriormente, se desarrolla la planificación de la oferta a través del establecimiento de políticas para el control de inventarios, el desarrollo de una planificación agregada para los requerimientos de producción, y la planificación de fuentes de abastecimiento para productos importados. Finalmente, se propone un plan de implementación del proceso que permita institucionalizar el uso de los métodos y herramientas recomendados. Mediante la implementación del presente estudio, los autores esperan que la empresa se prepare para el correcto uso de Tecnología de Información más sofisticada para la planificación de la demanda y la oferta.

ABSTRACT

This study presents the development of a Demand and Supply Planning Process for a manufacturing and distribution company. The process seeks to optimize the use of the company's resources while providing an adequate level of product availability to customers. The study begins with a description and analysis of the current operations of the company. Next, the demand planning is approached by forecasting methods based on past demand data. Subsequently, the supply planning is carried out through the establishment of inventory control policies, the execution of an aggregate plan for production requirements and the planning of supply sources for imported products. Finally, an implementation plan for the whole process is proposed. The authors expect that, by implementing the recommended process, the company prepares better for the proper use of more sophisticated Information Technology tools for demand and supply planning purposes.

TABLA DE CONTENIDO

	<u>Pág.</u>
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Descripción de la Empresa	1
1.2. Definición del Problema.....	4
1.3. Objetivos.....	5
1.3.1. Objetivo Final del Proyecto	5
1.3.2. Objetivos Específicos.....	5
1.4. Organización del Documento	6
2. FUNDAMENTOS TEORICOS	7
2.1. Cadena de Abastecimiento	7
2.1.1. Definición	7
2.1.2. Ingresos y Egresos de una Cadena de Abastecimiento	7
2.1.3. Decisiones Dentro de la Cadena de Abastecimiento	8
2.1.4. Clasificación de los Procesos Dentro de la Cadena de Abastecimiento	9
2.1.5. Desempeño de una Cadena de Abastecimiento	10
2.2. Pronósticos de Demanda	12
2.2.1. Definición	12
2.2.2. Características de los Pronósticos de Demanda.....	12
2.2.3. Componentes de los Pronósticos de Demanda	13
2.2.4. Métodos de Pronósticos	14
2.2.5. Modelos de Pronósticos de Series de Tiempo	15
2.2.6. Medidas del Error de Pronóstico.....	17
2.3. Manejo de Inventarios	19
2.3.1. Definición	19
2.3.2. Indicadores Relacionados al Manejo de Inventarios	21
2.3.3. Decisiones Relacionadas al Manejo de Inventarios.....	21
2.3.4. Sistemas de Inventario	22
2.4. Planificación de la Cadena de Abastecimiento.....	25
2.4.1. Asignación de Fuentes de Abastecimiento a Mercados.....	26
2.4.2. Planificación Agregada.....	27
2.4.2.1. Definición	27
2.4.2.2. Estrategias para la Planificación Agregada	27

TABLA DE CONTENIDO (Continuación)

2.4.2.3. Metodologías de Planificación Agregada	28
3. SITUACIÓN ACTUAL	30
3.1. Configuración y Planificación de la Cadena de Abastecimiento	30
3.2. Nivel de Satisfacción de los Clientes	31
3.3. Medidas de Desempeño	35
3.4. Planificación de la Demanda	36
3.5. Manejo Actual de los Inventarios	37
4. PRONÓSTICOS DE DEMANDA	40
4.1. Objetivos de los Pronósticos.....	40
4.2. Clasificación de los Productos.....	40
4.3. Determinación de Unidades y Dimensiones de Tiempo	46
4.4. Identificar Segmentos de Mercado	49
4.5. Determinación del Método de Pronóstico	51
4.6. Factores que Influyen en la Demanda	59
4.7. Vigilar el Desempeño del Pronóstico	61
5. PLANIFICACIÓN DE LA OFERTA	65
5.1. Objetivos de la Planificación de la Oferta.....	65
5.2. Planificación de Fuentes de Abastecimiento para Productos Importados.....	65
5.3. Planificación Agregada de Productos Fabricados	69
6. SISTEMA DE MANEJO DE INVENTARIOS	75
6.1. Necesidades del Modelo de Inventarios	76
6.2. Modelo de Control de Inventarios.....	78
6.3. Modelo de Stock de Seguridad.....	81
7. IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL PROCESO DE PLANIFICACIÓN DE LA DEMANDA Y LA OFERTA.....	84
7.1. Clasificación y Jerarquización del Proceso de Planificación de la Demanda y la Oferta	84
7.2. Requerimientos Previos a la Implementación	85
7.3. Selección de una solución informática	86
7.4. Esquema de Puesta en Producción del Proceso de Planificación y Control de Inventarios	86

TABLA DE CONTENIDO (Continuación)

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
8.1. Conclusiones.....	88
8.2. Recomendaciones	90
BIBLIOGRAFIA	92
ANEXOS	93
Anexo 1. Encuesta para los Clientes	94
Anexo 2. Análisis ABC de los Productos.....	95
Anexo 3. Revisión de Pronósticos.....	96
Anexo 4. Planificación del Abastecimiento de Productos Importados	97
Anexo 5. Planificación de Productos Fabricados	98
Anexo 6. Modelo de Control de Inventarios	99
Anexo 7. Modelo de Stock de Seguridad	100
Anexo 8. Cronograma de Actividades para el Nuevo Proceso	101

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura</u>	<u>Pág.</u>
Figura 1.	Intermediación de un Distribuidor Pequeño mediante “Last-Mile Delivery”.. 3
Figura 2.	Ejemplo de Clasificación de los Procesos de la Cadena de Abastecimiento . 10
Figura 3.	Cadena de Abastecimiento de Unilimpio S.A..... 30
Figura 4.	Diagrama de Pareto de Grupos de Clientes en Función del Porcentaje de Ventas Totales 32
Figura 5.	Percepción General del Servicio de Unilimpio S.A. 33
Figura 6.	Pedidos de Unilimpio se Entregan Completos y con las Características Correctas..... 34
Figura 7.	Los Pedidos son Entregados en un Plazo Máximo de 48 Horas 34
Figura 8.	Evolución del Índice de Rotación de Inventarios (RI)..... 36
Figura 9.	Unificación de Varios Artículos Codificados Individualmente Dentro de un Mismo SKU..... 42
Figura 10.	Influencia del Tiempo de Reposición y Técnica de Pronóstico en la Definición de Dimensiones de Tiempo para Pronósticos 48
Figura 11.	Incremento en la Variabilidad de la Demanda hacia Arriba de la Cadena 50
Figura 12.	Clasificación de Varios Modelos de Pronóstico en Función del Patrón Observable en la Demanda..... 52
Figura 13.	Demanda Histórica Mensual (en Unidades) para el Artículo 600000 54
Figura 14.	Output de Minitab® (resumido) para la Aplicación del Modelo Suavizamiento Exponencial Doble (SED) a la Demanda Mensual del Artículo 600000 y Pronóstico para los Sigüientes 6 Períodos..... 56
Figura 15.	Output de Minitab® (resumido) para la Aplicación del Modelo Holt-Winters (HW) a la Demanda Mensual del Artículo 600000 y Pronóstico para los Sigüientes 6 Períodos 56
Figura 16.	Output de Minitab® (resumido) para Pronóstico de Demanda de 12 Periodos en el Futuro del Artículo 600000 Mediante el Modelo Holt-Winters..... 58
Figura 17.	Gráfico de Minitab® para Demanda Conocida y Pronóstico Generado Mediante el Modelo Holt-Winters. 59
Figura 18.	Medición del Error de Pronóstico Mediante Hoja de Cálculo 63
Figura 19.	Modelo de Planificación de Fuentes de Abastecimiento de Productos Importados..... 68
Figura 20.	Modelo de Planificación Agregada para Productos Fabricados..... 73
Figura 21.	Modelo de Control de Inventarios Agregado para el Proveedor Chile 80
Figura 22.	Modelo de Stock de Seguridad..... 82
Figura 23.	Mapa de Procesos Actualizado de Unilimpio S.A. 85
Figura 24.	Encuesta de Satisfacción de los Clientes de Unilimpio S.A. 94
Figura 25.	Análisis ABC para Artículos con Movimiento en el Año 2007..... 95
Figura 26.	Revisión del Pronóstico Cuantitativo..... 96
Figura 27.	Plantilla de MS Excel® para de Planificación de Abastecimiento de Productos Importados..... 97
Figura 28.	Plantilla de MS Excel® para el Modelo de Planificación de Productos Fabricados 98
Figura 29.	Plantilla de MS Excel® para Establecimiento de Políticas de Inventario y Coordinación de Órdenes a Proveedores 99
Figura 30.	Plantilla de MS Excel® para Stock de Seguridad..... 100

Figura 31.	Cronograma de Actividades del Proceso de Planificación de la Demanda y la Oferta.....	101
Figura 32.	Cronograma de Actividades del Proceso de Planificación de la Demanda y la Oferta (Continuación)	102

LISTA DE TABLAS

<u>Tabla</u>		<u>Pág.</u>
Tabla 1.	Selección de la Muestra para Estudio de Calidad de Servicio en Unilimpio ...	32
Tabla 2.	Grupos de Productos Importados Mediante el Análisis ABC y la Identificación de Características Comunes.....	45
Tabla 3.	Agrupación de Productos Fabricados en Función de la Composición Química	45
Tabla 4.	Definición de Dimensiones de Tiempo para la Planificación de la Demanda .	49
Tabla 5.	Demanda Histórica Mensual en Unidades para el Artículo.....	53
Tabla 6.	Medición del Desempeño “Post Muestra” del Modelo SED.....	57
Tabla 7.	Medición del Desempeño “Post Muestra” del Modelo HW.....	57
Tabla 8.	Costos de los Potenciales Proveedores del Grupo de Productos a Analizar.....	67
Tabla 9.	Demanda en Kg. de Cloro para el Primer Semestre de 2009	71
Tabla 10.	Datos de Entrada para el Modelo de Planificación Agregada	72
Tabla 11.	Evaluación del Cumplimiento de Condiciones para el Modelo de Control de Inventarios	77
Tabla 12.	Pronósticos Semestrales para los Productos Atados al proveedor de Chile	79

OPTIMIZACIÓN DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO: DESARROLLO DE UN PROCESO DE PLANIFICACION DE LA DEMANDA Y LA OFERTA EN UNILIMPIO S.A.

1. INTRODUCCION

1.1. Descripción de la Empresa

Los antecedentes para la creación de la empresa Unilimpio S.A. (Unilimpio) se remontan al año 1987. En dicha época no existía el mercado institucional para las empresas fabricantes de productos de limpieza. Estas atendían únicamente el mercado de consumo masivo (consumidor final) y se utilizaban a comerciantes mayoristas como intermediarios dentro de la cadena de abastecimiento. Dichos comerciantes mayoristas eran únicamente centros de distribución y no incluían ningún tipo de servicio o valor agregado en su oferta de valor. Por esta razón, las instituciones debían contar con una persona de su propia nomina para realizar el abastecimiento de productos de limpieza que requerían (Conversación personal con Julieta Carchi, Gerente General de Unilimpio S.A., 2008).

Bajo estas circunstancias, los fundadores de la empresa iniciaron el negocio realizando la venta directa a empresas, ofreciendo inicialmente productos absorbentes (papel higiénico y servilleta) y realizando las entregas en las instalaciones de los clientes. Posteriormente, la entrada de empresas extranjeras al Ecuador como Kimberly Clark y Familia-Sancela permitió un mayor desarrollo del mercado institucional con la introducción de líneas de productos específicamente desarrolladas para el mismo, las cuales incluían beneficios como dispensación, presentaciones de mayor volumen y costos reducidos (Conversación personal con Julieta Carchi, Gerente General de Unilimpio S.A., 2008).

La empresa Unilimpio surge en el año 1999 de la alianza entre las empresas Industrias Ozz, fabricante de productos químicos de limpieza y Prolimco, distribuidor de productos de limpieza institucionales desde 1987. Hoy en día se estima que Unilimpio es la tercera empresa más importante del mercado institucional ecuatoriano (considerando participación de mercado), después de las multinacionales Kimberly-Clark y Familia (Conversación personal con Julieta Carchi, Gerente General de Unilimpio S.A., 2008).

La oficina matriz de la empresa se sitúa en Quito y posee una oficina adicional en Guayaquil, ambas con capacidad de almacenamiento (bodega). La empresa

emplea de manera directa a 51 personas entre Quito y Guayaquil (Conversación personal con Martha Silva, Jefe de Recursos Humanos de Unilimpio S.A., 2008).

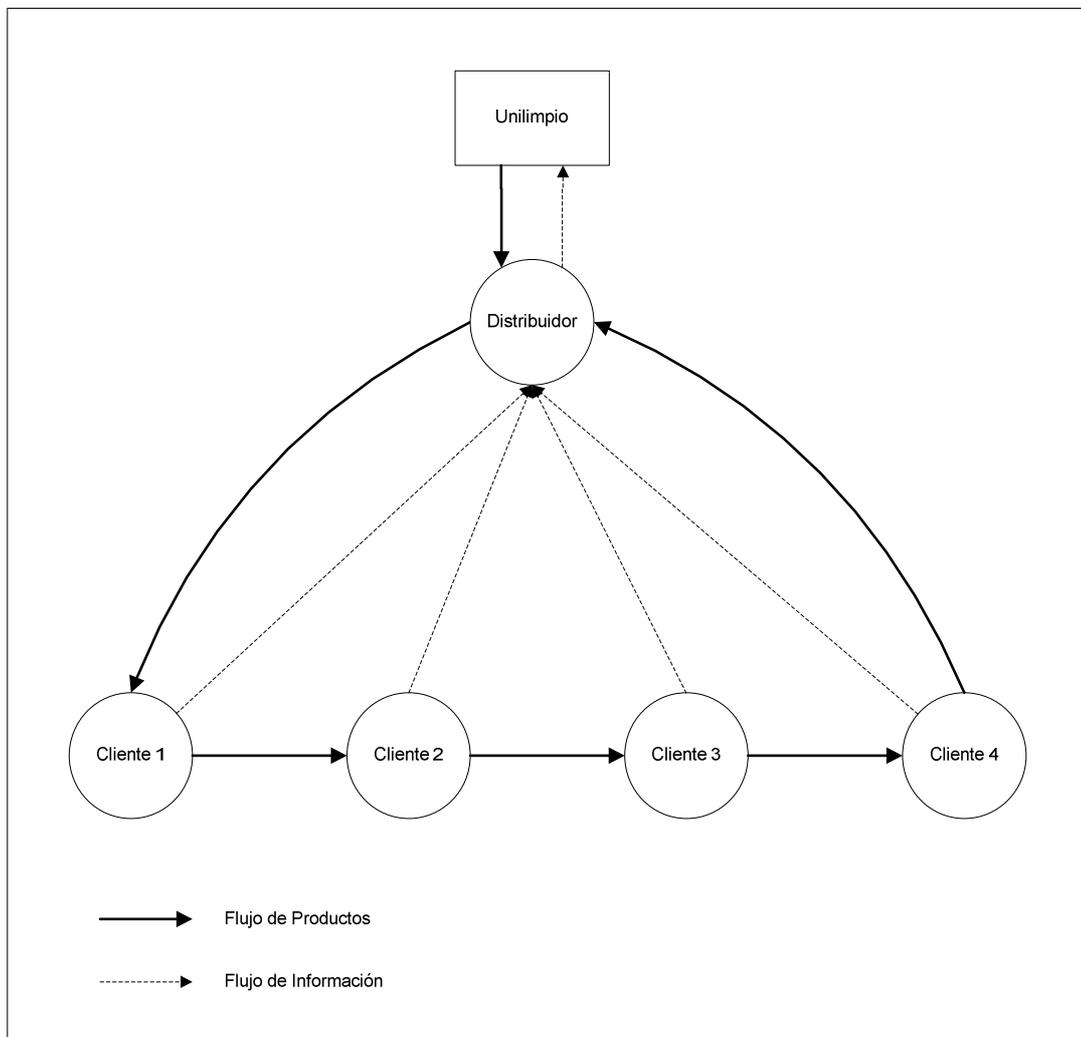
La facturación anual de la empresa en el año 2007 fue superior al millón de dólares lo que representó un crecimiento de alrededor 25% frente al año 2006. La empresa tiene planes de crecer un 50% adicional este año, alcanzando ventas cercanas a 3 millones de dólares. El mercado objetivo de la empresa son las instituciones e industrias, públicas y privadas, con requerimientos de higiene y limpieza. El mercado se compone de instituciones privadas y públicas en cualquiera de los siguientes campos: educación, salud, alimentación, hospedaje, industria, servicios. Este mercado objetivo se sub-segmenta en instituciones grandes y pequeñas, instituciones locales (Quito y Guayaquil) y de provincia. Las instituciones grandes y pequeñas se distinguen en función del volumen de compra promedio (en dólares) por pedido. Las instituciones grandes (por ejemplo hospitales, cadenas de restaurantes, hoteles o empresas públicas) son atendidas directamente por la empresa ya que sus órdenes son grandes y menos frecuentes. Por el contrario, las instituciones pequeñas realizan órdenes de menor tamaño con mayor frecuencia. Este segmento se atiende principalmente por medio de distribuidores, los cuales se ocupan de una zona específica en las ciudades de Quito y Guayaquil. La empresa atiende de forma directa al segmento de clientes grandes de Quito (incluyendo los valles) y Guayaquil. La cobertura del mercado de otras ciudades y provincias también se realiza a través de distribuidores. En este sentido, los clientes directos de la empresa se pueden dividir en Clientes Finales y Distribuidores (Conversación personal con Emilio Filbig M., Gerente de Comercialización de Unilimpio S.A., 2008).

Los Clientes Finales se caracterizan por ser atendidos completamente por Unilimpio, desde la venta y la entrega del pedido hasta los servicios de Post-venta (seguimiento y atención de reclamos). Los productos requeridos por estos clientes se destinan a ser consumidos por ellos mismos, a través del uso por parte de su propio personal o sus clientes (Conversación personal con Emilio Filbig M., Gerente de Comercialización de Unilimpio S.A., 2008).

Los Distribuidores por otro lado atienden el segmento de instituciones pequeñas y el segmento de clientes finales de provincia. Los productos adquiridos por los Distribuidores se destinan a la venta posterior y no el consumo de los mismos. Estos clientes buscan beneficios diferentes a los clientes finales como precios diferenciados, descuentos por cantidades, material de marketing, entre otros (Conversación personal con

Emilio Filbig M., Gerente de Comercialización de Unilimpio S.A., 2008). Existen dos tipos de distribuidores (Conversación personal con Emilio Filbig M., Gerente de Comercialización de Unilimpio S.A., 2008):

- **Distribuidores Pequeños:** son en general personas naturales que atienden una pequeña cartera de clientes mediante “Last-Mile Delivery” (Chopra y Meindl 88, 2007), es decir que se abastecen en la empresa de la cantidad justa de productos para cumplir con los pedidos de algunos clientes finales pequeños. La entrega de cada orden se hace en las instalaciones del cliente por parte del distribuidor, el cual completa una ruta de entregas antes de volver a Unilimpio para reabastecerse. El proceso completo se ilustra en la Figura 1. Este tipo de distribuidores representa más del 50% del segmento de distribuidores.



*Chopra y Meindl 88, 2007

Figura 1. Intermediación de un Distribuidor Pequeño mediante “Last-Mile Delivery”

- Distribuidores Grandes: Pueden ser personas naturales o empresas, con infraestructura y capital de trabajo suficiente para construir un inventario de productos por medio del cual responden a la demanda de sus clientes finales, los cuales pueden ser grandes o pequeños.

El portafolio de productos de la empresa se divide en las siguientes líneas de productos (Conversaciones personales con Emilio Filbig, Gerente de Comercialización de Unilimpio S.A., 2008):

- Químicos: los productos dentro de esta línea son fabricados por la empresa.
- Absorbentes: los productos dentro de esta línea son adquiridos de 4 proveedores internacionales diferentes.
- Dispensadores: estos productos son adquiridos todos de un mismo proveedor internacional.
- Coches e implementos de limpieza: los productos dentro de esta línea son adquiridos de un mismo proveedor internacional.
- Detergentes: los productos son adquiridos de un solo proveedor internacional.
- Productos complementarios: los productos dentro de esta línea se adquieren de diversos proveedores nacionales.

En su gran mayoría, los productos que comercializa la empresa se clasifican como productos básicos o “commodities” (como por ejemplo detergente y papel higiénico) de bajo valor comercial unitario (Conversaciones personales con Emilio Filbig, Gerente de Comercialización de Unilimpio S.A., 2008).

1.2. Definición del Problema

La planificación de la demanda y la oferta es fundamental para el aseguramiento de un suministro permanente de productos que permita satisfacer la demanda de los clientes de una manera rentable. Sin embargo en Unilimpio no se han implementado mecanismos efectivos para la realización de dicha planificación. Esto ha generado situaciones de pérdida de ventas por falta de stock o de incremento de costos de operación por exceso de inventarios o aprovisionamientos de emergencia (Conversaciones personales con Emilio Filbig, Gerente de Comercialización de Unilimpio S.A., 2008). Estas situaciones afectan directamente la rentabilidad de la empresa, tanto por aumento de costos de operación como por reducción de los ingresos por pérdida de ventas y

disminución del nivel de satisfacción de los clientes (Conversación personal con Julieta Carchi, Gerente General de Unilimpio S.A., 2008).

En los primeros meses del año 2008 se evidenciaron algunos problemas de abastecimiento, los cuales de continuar ponen en serio riesgo uno de los objetivos estratégicos de la compañía de incrementar las ventas en un 50% frente al año 2007 (Conversación personal con Julieta Carchi, Gerente General de Unilimpio S.A., 2008).

Por otra parte, los inventarios representan un elemento de fundamental importancia para el desempeño global de la cadena de abastecimiento ya que es una fuente importante de costos y tiene un gran impacto en la capacidad de respuesta de la misma (Chopra y Meindl 50, 2007). Por tanto, el manejo adecuado de este elemento puede permitir a la empresa generar una mejor capacidad de respuesta a la vez que se optimiza el uso de los recursos económicos necesarios para lograrlo.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo Final del Proyecto

Desarrollar un proceso de planificación que permita a la empresa Unilimpio lograr un ajuste adecuado entre demanda y oferta, asegurando de una manera rentable un nivel adecuado de disponibilidad de producto para los clientes.

1.3.2. Objetivos Específicos

El presente estudio busca alcanzar los siguientes objetivos específicos:

- Determinar el desempeño actual de la cadena de abastecimiento de Unilimpio S.A. mediante un diagnóstico de las operaciones actuales y la evaluación de la satisfacción de los clientes.
- Establecer una metodología para la planificación de la demanda de los productos y grupos de productos más importantes de la empresa.
- Determinar las políticas de inventarios que permitan optimizar los recursos económicos de la empresa manteniendo un nivel de disponibilidad de producto adecuado.
- Establecer una metodología para la planificación de la oferta a mediano y largo plazo para los grupos de productos más importantes.
- Proponer un plan de implementación del proceso de planificación de la demanda y la oferta.

1.4. Organización del Documento

El presente estudio se organiza de la siguiente manera: el Capítulo 2 presenta los fundamentos teóricos sobre los cuales se basa el desarrollo del proceso de planificación de la demanda y la oferta. El Capítulo 3 presenta la situación actual de la Empresa, incluyendo las actuales operaciones y el nivel de satisfacción de los clientes con respecto al desempeño de la cadena de abastecimiento. El Capítulo 4 aborda la planificación de la demanda mediante el desarrollo de pronósticos basados en datos de demanda históricos. La planificación de la demanda proporciona la información de entrada necesaria para la planificación de la oferta y el control de inventarios que se presentan en los Capítulos 5 y 6 respectivamente. Por último, en el Capítulo 7 se propone un plan de implementación del proceso propuesto. El Capítulo 8 presenta las conclusiones y recomendaciones resultantes de la elaboración del presente estudio.

2. FUNDAMENTOS TEORICOS

La realización del presente proyecto involucra los siguientes conceptos, los cuales forman parte del ámbito de la Administración de la Cadena de Abastecimiento: Cadena de Abastecimiento, Pronósticos de Demanda, Manejo de Inventarios y Planificación de la Cadena de Abastecimiento.

2.1. Cadena de Abastecimiento

2.1.1. Definición

El término cadena de abastecimiento se refiere a “todas las partes involucradas, directa o indirectamente, en el cumplimiento del requerimiento de un cliente” (Chopra y Meindl 5, 2007). Esta definición se aplica tanto dentro de una de las partes como fuera de la misma. Es decir, de manera macro, las partes involucradas van desde proveedores de materias primas y fabricantes, hasta tiendas minoristas y los mismos clientes, incluyendo los transportistas y bodegas intermedias necesarias para pasar del uno al otro (Chopra y Meindl 5, 2007). De manera micro, las partes involucradas incluyen a todos los procesos y funciones dentro de una organización requeridas para recibir, procesar y cumplir el requerimiento del cliente tales como: desarrollo de nuevos productos, marketing, operaciones, distribución, finanzas y servicio al cliente (Chopra y Meindl 5, 2007).

2.1.2. Ingresos y Egresos de una Cadena de Abastecimiento

El éxito de una cadena de abastecimiento se mide en función de su utilidad global; sin embargo, es común que las cadenas de abastecimiento no se optimicen debido a que cada eslabón de la misma busca maximizar su propia utilidad lo cual se traduce en una utilidad menor para toda la cadena (Chopra y Meindl 6, 2007). Se deben también definir las fuentes de ingreso y egreso (costos) dentro de una cadena de abastecimiento. De acuerdo con Chopra y Meindl (6, 2007), la única fuente de ingreso para una cadena de abastecimiento es el cliente final. Todos los desembolsos individuales entre eslabones de la cadena son transferencias de recursos debido a que cada eslabón tiene un propietario diferente (Chopra y Meindl 6, 2007). En otras palabras, el flujo positivo de dinero ingresado por el cliente al final de la cadena es parcialmente transferido de eslabón en eslabón hasta llegar al inicio de la cadena. Por otro lado, los costos dentro de una cadena de abastecimiento se deben al flujo de recursos –información, productos y dinero- dentro de la misma (Chopra y Meindl 6, 2007). El diseño y la planificación efectivos de la cadena de

abastecimiento permiten manejar dichos flujos con el fin de maximizar la utilidad de la cadena (Chopra y Meindl 8, 2007).

2.1.3. Decisiones Dentro de la Cadena de Abastecimiento

La toma de decisiones requeridas para la administración de una cadena de abastecimiento se pueden categorizar en tres fases las cuales se distinguen por la frecuencia con que se toman las decisiones y el horizonte de tiempo durante el cual las decisiones y su impacto se mantienen (Chopra y Meindl 9, 2007). Las tres fases se describen a continuación:

- **Diseño de la cadena de abastecimiento:** El objetivo es estructurar la cadena de abastecimiento para varios años en el futuro con el fin de apoyar las estrategias de la organización así como sus planes de marketing y estrategias de precios. También se busca administrar los flujos de recursos antes mencionados con el fin de maximizar la utilidad global de la cadena. En esta fase se deciden aspectos como si se debe ejecutar una función específica “in-house” o tercerizarla, la ubicación y capacidad de plantas y bodegas, el tipo de sistema de información a utilizarse, los modos de transporte entre distintos eslabones entre otros (Chopra y Meindl 9, 2007). Dado que el horizonte dentro de esta fase de decisión es de varios años, los cambios a corto plazo de estas decisiones son muy costosos y por tanto las compañías tienen que considerar la incertidumbre del mercado y anticiparse a los posibles cambios del mismo (Chopra y Meindl 9, 2007).
- **Planificación de la cadena de abastecimiento:** El horizonte de tiempo en esta fase de decisión es de un trimestre hasta un año, dependiendo de la industria. En esta fase, se considera que el diseño de la cadena de abastecimiento ha sido definida con anterioridad y por tanto es fija. El objetivo de esta fase es maximizar la utilidad de la cadena de abastecimiento tomando en cuenta las restricciones impuestas por el diseño de la cadena de abastecimiento. La principal entrada para esta fase de planificación es un pronóstico de demanda para el tiempo de planificación. Entre los aspectos que se consideran dentro de esta fase de decisión están las asignaciones de mercados a diferentes plantas o bodegas, las políticas de inventario a seguirse y el tiempo y tamaño de las promociones de marketing. Para esta fase también se deben considerar aspectos externos como la competencia, las tasas de cambio monetarias y la incertidumbre del mercado (Chopra y Meindl 9, 2007).

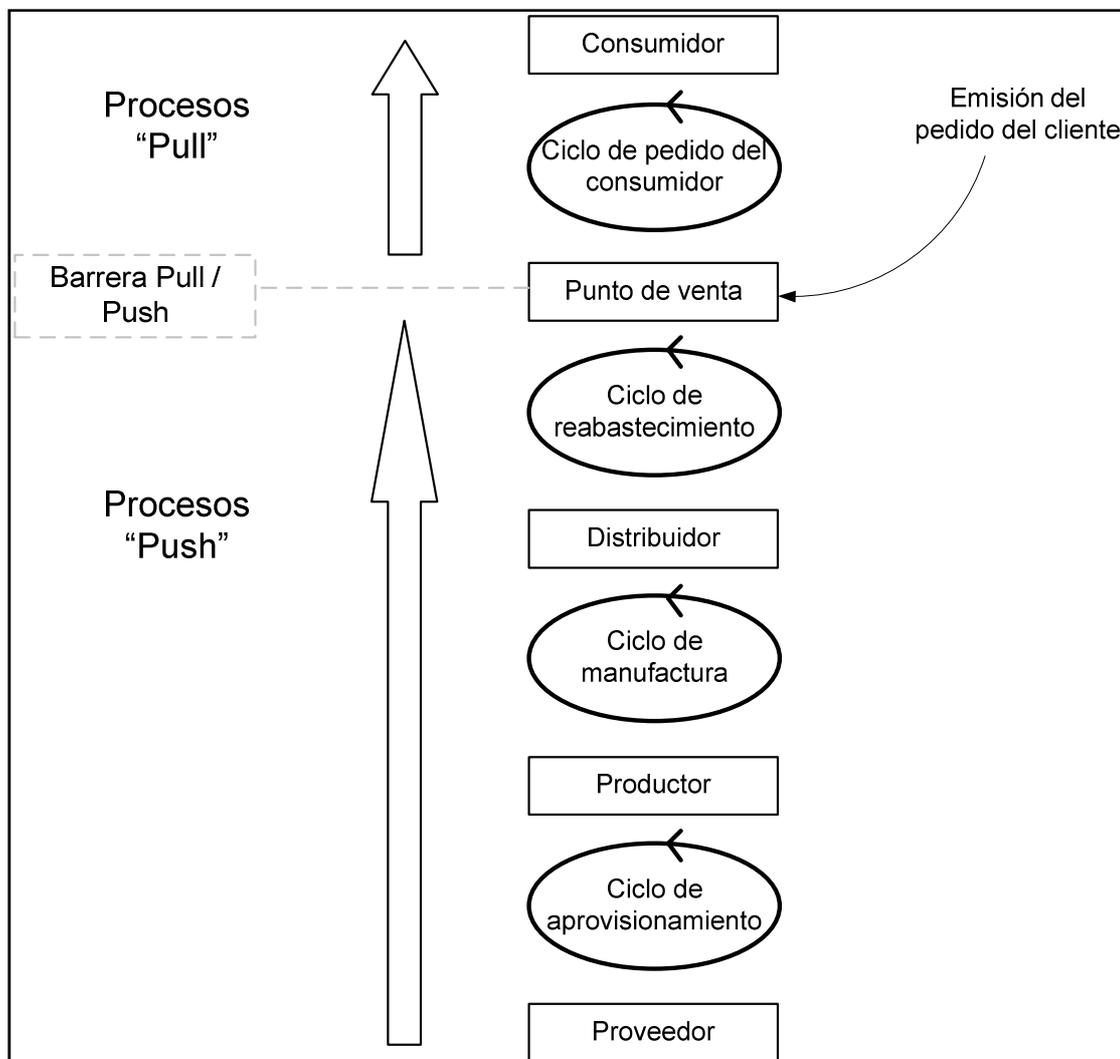
- Operación de la cadena de abastecimiento: El horizonte de tiempo de esta fase de decisiones es diario o máximo semanal y contempla el manejo de las órdenes individuales de los clientes. El único propósito de esta fase es manejar los pedidos de los clientes de la mejor manera posible dados el diseño y las políticas de planificación de la cadena de abastecimiento y aprovechando que la demanda es menos incierta. En esta fase se consideran aspectos como asignar inventario de productos a órdenes individuales de clientes, determinar tiempos de entrega para las mismas y asignarlas a un modo de transporte específico, generar cronogramas o rutas de entrega para camiones y poner órdenes de reaprovisionamiento (Chopra y Meindl 10, 2007).

2.1.4. Clasificación de los Procesos Dentro de la Cadena de Abastecimiento

Los procesos dentro de una cadena de abastecimiento se pueden visualizar como ciclos de actividades que se ejecutan en la interacción entre dos eslabones (Chopra y Meindl 10, 2007). Por ejemplo, las actividades que le permiten a un proveedor de materias primas responder a una orden de compra de un productor entran dentro del ciclo de aprovisionamiento ya que se desarrollan en la interacción entre el proveedor y el productor. De forma análoga se pueden identificar los ciclos de manufactura (interacción entre el productor y un distribuidor), reabastecimiento (interacción entre el distribuidor y el punto de venta) y pedido del consumidor (interacción entre el punto de venta y el consumidor final) (Chopra y Meindl 11, 2007).

Adicionalmente, cada uno de los ciclos identificados anteriormente puede ser clasificado como “Push” o “Pull” dependiendo de si se inicia en anticipación a una orden del cliente o como respuesta a la misma (Chopra y Meindl 12, 2007). Cuando los procesos se inician en anticipación a una orden del cliente se basan en pronósticos de demanda y están orientados a construir inventario (sea de productos manufacturados, partes o materia prima) con el fin de responder de manera más efectiva al cliente en el momento que éste emite su pedido. Por otro lado, los procesos “Pull” se inician en respuesta a un pedido del cliente y tienen el propósito de cumplir con dicho pedido de la manera más eficiente (Chopra y Meindl 12, 2007). Parte del diseño de la cadena de abastecimiento implica determinar la ubicación de la barrera Pull / Push de tal forma que se responda a la demanda del mercado de manera efectiva (Chopra y Meindl 14, 2007).

La Figura 2 que se muestra a continuación ilustra esta clasificación para una situación en que únicamente el ciclo de pedido del consumidor se inicia en respuesta al pedido del cliente, mientras que los ciclos de reabastecimiento, manufactura y abastecimiento se ejecutan para construir inventario.



*Chopra y Meindl 11, 2007

Figura 2. Ejemplo de Clasificación de los Procesos de la Cadena de Abastecimiento

2.1.5. *Desempeño de una Cadena de Abastecimiento*

El éxito de una cadena de abastecimiento está determinado por su capacidad de satisfacer las necesidades específicas del o de los segmentos a los cuales la compañía pretende atender (Chopra y Meindl 24, 2007). Una compañía logra satisfacer estas necesidades mediante un balance adecuado entre eficiencia (en términos de costo) y capacidad de respuesta (en términos de tiempo) que esté alineado de acuerdo a las necesidades de los segmentos de mercado establecidos en la estrategia competitiva de la

compañía (Chopra y Meindl 44, 2007). De acuerdo a Chopra y Meindl (44-45, 2007), existen seis componentes de la cadena de abastecimiento que afectan directamente este balance, tres logísticos y tres cross-funcionales:

- **Instalaciones:** Las instalaciones tienen funciones de producción o de almacenamiento. Decisiones sobre la cantidad de instalaciones o la ubicación de las mismas afecta directamente la capacidad de respuesta y la eficiencia de la cadena de abastecimiento.
- **Inventario:** Incluye materias primas, producto en proceso y producto terminado que se manejan dentro de la cadena de abastecimiento. Las políticas de inventario que se manejan en cada uno de los eslabones de la cadena de abastecimiento puede afectar en gran medida la capacidad de respuesta o la eficiencia de la misma. Por ejemplo, una gran cantidad de inventario de producto terminado incrementa el nivel de servicio de un punto de venta al ofrecer una mayor disponibilidad de productos a sus clientes. Sin embargo, el costo implícito de un mayor inventario afecta la eficiencia de la cadena de abastecimiento.
- **Transporte:** Implica el movimiento de inventarios de un punto a otro dentro de la cadena de abastecimiento. Existen diferentes modos de transporte cada uno con diferentes características de desempeño únicas. La elección de un modo de transporte o una combinación de los mismos afecta directamente la capacidad de respuesta y la eficiencia de la cadena de abastecimiento.
- **Información:** La información afecta directamente a los otros cinco componentes de la cadena de abastecimiento ya que se relaciona con datos y su análisis relativos a instalaciones, inventarios, transportes, costos, precios y consumidores.
- **Fuentes o “Sourcing”:** Se refiere a la definición de funciones a lo largo de la cadena de abastecimiento en términos de quien produce, quien almacena y quien distribuye. Durante la planificación y diseño de la cadena de abastecimiento, una compañía puede decidir entre producir cierto componente en sus propias plantas o tercerizar la actividad (“outsource”) a un proveedor externo o contratista. Este tipo de decisiones afectan la capacidad de respuesta y la eficiencia de la cadena de abastecimiento.
- **Fijación de precios:** Este componente afecta las decisiones de compra de los consumidores y por tanto repercute en el desempeño general de la cadena de

abastecimiento. Se refiere a las decisiones de una compañía relativas a cuanto cobrar a sus clientes por los bienes o los servicios prestados.

El manejo adecuado de estos componentes y sus interacciones permite a una cadena de abastecimiento maximizar sus ganancias (Chopra y Meindl 45, 2007).

2.2. Pronósticos de Demanda

2.2.1. Definición

Los pronósticos de demanda son el fundamento para la mayor parte de decisiones relacionadas con la cadena de abastecimiento (Chopra y Meindl 187, 2007). Al momento de tomar decisiones de diseño o planificación de la cadena de abastecimiento, la demanda real de los consumidores es incierta para las compañías. Es por esta razón que existen los pronósticos de demanda, los cuales permiten determinar con cierta precisión la demanda futura de los consumidores. Este tipo de información permite, por ejemplo, construir un nivel adecuado de inventario de partes o productos terminados (en caso de procesos Push) o preparar la capacidad de producción requerida (en caso de procesos Pull) para que la compañía sea capaz de responder eficazmente al mercado en el momento en que se reciben pedidos de los consumidores (Chopra y Meindl 187, 2007).

2.2.2. Características de los Pronósticos de Demanda

Según Chopra y Meindl (188-189, 2007), los siguientes puntos caracterizan a los pronósticos de demanda y por tanto deben ser considerados por los encargados de tomar decisiones en las empresas:

- Los pronósticos siempre son inexactos ya que solo son estimaciones de un valor real que será observado en el futuro, por lo que siempre deberían incluir, además del valor esperado de demanda, una medida de la incertidumbre de la demanda (o precisión del pronóstico).
- Los pronósticos de corto plazo son más precisos que los pronósticos de largo plazo ya que los pronósticos de corto plazo permiten a los tomadores de decisiones considerar ciertos factores externos que afectan la precisión del pronóstico como clima, factores políticos y macroeconómicos que difícilmente se pueden conocer al momento de realizar pronósticos de largo plazo.
- Los pronósticos de demanda agregados (por líneas o familias de productos) son más precisos que los pronósticos de demanda desagregados (por un solo producto)

ya que la variabilidad en la demanda de una familia de productos tiende a ser menor que la variabilidad en la demanda de un producto específico.

Mientras más alejado se encuentre un eslabón de la cadena de abastecimiento de los consumidores finales, más distorsionada será la información que éste tendrá para realizar un pronóstico de demanda. Esta distorsión es resultado del “Efecto de la Crema Batida” (“Bullwhip Effect”), que se refiere a la acumulación de variaciones, errores e incertidumbre en la información de demanda manejada por un eslabón a medida que este se aleja del consumidor (Chopra y Meindl 498, 2007). Por esta razón, de acuerdo a Chopra y Meindl (189, 2007), las partes involucradas en cadenas de abastecimiento se están orientando hacia trabajar en conjunto para la construcción de un único pronóstico, llamado pronóstico colaborativo. Esto permite que cada eslabón trabaje con información de demanda más precisa lo que se traduce en un mejor alineamiento entre la demanda y el abastecimiento y por tanto aumentando las utilidades de la cadena como un todo.

2.2.3. Componentes de los Pronósticos de Demanda

En general, los pronósticos se construyen a partir de factores objetivos y subjetivos que influyen el comportamiento futuro de los consumidores. Para crear un pronóstico, las compañías deben determinar cuáles son dichos factores y qué tipo de relación tienen con la demanda futura de los consumidores (Chopra y Meindl 189, 2007). La relación de algunos de estos factores con la demanda futura se puede determinar a partir de datos históricos de los consumidores (información cuantitativa); sin embargo, considerar información cualitativa suministrada por las personas adicionalmente a la información cuantitativa resulta en pronósticos de demanda más precisos (Chopra y Meindl 189, 2007).

Algunos factores que deben considerarse para desarrollar pronósticos de demanda son los siguientes (Chopra y Meindl 189, 2007):

- Demanda pasada
- Tiempos de reposición (lead times) de productos
- Planes de marketing de la compañía
- Estrategia de precios de la compañía
- Comportamiento de la competencia
- Factores políticos y económicos

Antes de seleccionar un método específico de pronóstico, una compañía debe comprender estos factores y su relación con la demanda.

2.2.4. Métodos de Pronósticos

La selección de un método específico depende del objetivo del pronóstico en términos del número de artículos que se desean pronosticar, el horizonte de tiempo para la toma de decisiones así como el valor monetario de dichas decisiones (Narasimhan et. al. 27, 1996). El costo de desarrollar un pronóstico es directamente proporcional a su nivel de precisión (Narasimhan et. al. 28, 1996). Por tanto, si el objetivo del pronóstico es la decisión de ubicación y capacidad de una nueva planta, es sensato para la compañía destinar los recursos necesarios para obtener un pronóstico más preciso. En contraste, decisiones sobre el manejo de los inventarios tales como el tamaño de una orden de reabastecimiento o la cantidad de inventario de seguridad que debe mantenerse para un producto específico se definen para el corto y mediano plazos; si adicionalmente los productos que se mantienen en inventario son de bajo valor, entonces una compañía no debería gastar demasiados recursos en la elaboración de pronósticos complejos o en extremo precisos (Narasimhan et. al. 27, 1996).

Las metodologías de pronóstico se pueden clasificar en cuatro categorías distintas (Chopra y Meindl 190, 2007):

- **Cualitativos:** Basados en información subjetiva y el juicio humano. Este tipo de pronósticos son necesarios cuando se tiene poca o nula data histórica de demanda pasada, por ejemplo en industrias nuevas.
- **Series de tiempo:** Basados en datos históricos de demanda para predecir la demanda futura bajo el supuesto de que el comportamiento pasado de los consumidores es un indicativo de su comportamiento futuro. Estos son los métodos más sencillos de implementar cuando se tiene disponibilidad de datos históricos y por tanto representan un buen punto de partida. Son apropiados cuando el patrón global de comportamiento no varía significativamente de un año al otro.
- **Causales:** Para la utilización de estos métodos, se asume que existe una fuerte correlación entre factores del macro entorno (como factores económicos o políticos) y la demanda futura de los consumidores. Los métodos de pronóstico causales permiten cuantificar dicha correlación y a continuación usan estimados de estos factores para pronosticar la demanda futura.
- **Simulaciones:** Estos métodos combinan series de tiempo y métodos causales con el fin de imitar el comportamiento de los consumidores y la demanda resultante del mismo. Adicionalmente, las simulaciones permiten responder preguntas “Qué pasa

si” necesarias para la toma de decisiones. Por ejemplo, usando una simulación es posible determinar qué sucedería con la demanda si se realiza un descuento de precios.

2.2.5. *Modelos de Pronósticos de Series de Tiempo*

Dada su importancia y facilidad de aplicación, se describen con mayor detalle los métodos de pronóstico que se clasifican como de series de tiempo.

Como se mencionó anteriormente, estos métodos usan datos históricos de demanda con el fin de pronosticar la demanda futura. Estos datos incluyen niveles de demanda así como patrones de crecimiento o decrecimiento y estacionalidad (Chopra y Meindl 190, 2007). Sin embargo, existen ciertas variaciones en la demanda que no se pueden explicar a través de los datos históricos. Por tanto, para todo método de pronóstico del tipo serie de tiempo, la demanda observada se puede descomponer de la siguiente forma (Chopra y Meindl 190, 2007):

$$O = S + R \quad (2.1)$$

Donde:

O es la demanda observada

S es el componente sistemático

R es el componente aleatorio

El componente sistemático se mide a través del valor esperado de la demanda para el siguiente período. Este se compone de 3 elementos como se describe a continuación (Chopra y Meindl 190, 2007):

- Nivel (“level”): un estimado de la demanda corregida sin estacionalidad en el punto del tiempo donde se lleva a cabo el pronóstico.
- Tendencia (“trend”): el patrón de crecimiento o decrecimiento de la demanda.
- Estacionalidad (“seasonality”): las fluctuaciones predecibles de la demanda debido a patrones estacionales.

A partir de estos elementos, el componente sistemático puede tomar tres formas distintas (Chopra y Meindl 193, 2007):

- Multiplicativa: $S = \textit{nivel} \times \textit{tendencia} \times \textit{estacionalidad}$ (2.2)

- Aditiva: $S = \textit{nivel} + \textit{tendencia} + \textit{estacionalidad}$ (2.3)

- Mixta: $S = (\textit{nivel} + \textit{tendencia}) \times \textit{estacionalidad}$ (2.4)

Por otro lado, el componente aleatorio, también denominado ruido, incluye las fluctuaciones adicionales entre el valor esperado (pronosticado) y el valor observado de

la demanda. Estas fluctuaciones no pueden ser predichas a partir de los datos históricos. Para manejar este componente, los pronósticos deben incluir una medida del error, la cual estima la dimensión y la varianza del componente aleatorio (Chopra y Meindl 191, 2007).

Con el fin de determinar el componente sistemático, se pueden desarrollar pronósticos estáticos o adaptivos como se describe a continuación (Chopra y Meindl 193, 2007):

- Métodos estáticos de pronóstico: Estos métodos asumen que las estimaciones para el nivel, tendencia y estacionalidad no varían de un período a otro. Estas estimaciones son determinadas a partir de los datos históricos y posteriormente usadas para pronosticar cualquier demanda futura (Chopra y Meindl 193, 2007). De esta manera, el pronóstico en el período t para la demanda en el período $t+1$ es (Chopra y Meindl 193, 2007):

$$F_{t+1} = [L + (t+1)T]S_{t+1} \quad (2.5)$$

Donde:

L es la estimación para el nivel sin estacionalidad en el tiempo $t = 0$

T es la estimación para la tendencia (o el incremento o decremento en la demanda estimado por período)

S_t es la estimación para el factor estacional para el período t

F_t es el pronóstico para el período t

La fórmula (2.5) aplica a un componente sistemático con forma mixta sin embargo se puede determinar las fórmulas para las otras formas de manera análoga.

- Métodos adaptivos de pronóstico: Estos métodos actualizan las estimaciones para el nivel, la tendencia y la estacionalidad con cada observación adicional de la demanda (Chopra y Meindl 198, 2007). Para este tipo de métodos, el pronóstico para el período $t + 1$ esta dado por:

$$F_{t+1} = [L_t + (l)T_t]S_{t+1} \quad (2.6)$$

Donde:

L_t es la estimación para el nivel al final del período t

T_t es la estimación para la tendencia al final del período t

S_t es la estimación para el factor estacional para el período t

F_t es el pronóstico para el período t realizado en el período $t-1$ (o anterior)

En general, teniendo en cuenta n períodos, el pronóstico adaptivo se construye de la siguiente manera (Chopra y Meindl 198, 2007):

- Inicializar: Se estima L_0 , T_0 y los factores estacionales S_0, \dots, S_p donde p es la periodicidad observada en la demanda (por ejemplo, $p=4$ para un patrón de estacionalidad que se repite cada cuatro períodos en la serie de tiempo) con los datos históricos disponibles.
- Pronosticar: dadas las estimaciones para el período t , se realiza el pronóstico para el período $t+1$.
- Estimar el error: Dado el pronóstico para el período $t+1$, se toma la información disponible sobre la demanda observada en dicho período (D_{t+1}) y se calcula el error de la siguiente forma:

$$E_{t+1} = F_{t+1} - D_{t+1} \quad (2.7)$$

- Modificar las estimaciones: Dado el error obtenido en el período $t+1$, modificar las estimaciones de L , T y S para el período $t+1$.

Estas estimaciones revisadas se usan para realizar el pronóstico del período $t+2$ y se repiten los pasos antes descritos hasta completar el pronóstico para los n períodos de datos históricos disponibles. Las estimaciones de L , T y S para el período n son usadas para pronosticar la demanda futura (Chopra y Meindl 198, 2007).

Entre los métodos adaptivos de pronóstico más conocidos se encuentran los métodos del promedio móvil ponderado (“moving average”) y suavizamiento exponencial simple (“simple exponential smoothing”) que son apropiados cuando no se observa tendencia o estacionalidad en la demanda; el modelo de Holt, que es apropiado cuando se observa tendencia en la demanda; y el modelo de Winters, que es apropiado cuando se observa tanto tendencia como estacionalidad en la demanda. El mayor inconveniente con los métodos adaptivos de pronóstico es que pueden pronosticar únicamente un período en el futuro, al depender de cada nueva observación para realizar el siguiente pronóstico.

2.2.6. Medidas del Error de Pronóstico

Un pronóstico es bueno cuando es capaz de capturar únicamente el componente sistemático y no el componente aleatorio o ruido. Para cuantificar este último, el pronóstico debe acompañarse de una medida del error de pronóstico (Chopra y Meindl 203, 2007). Dicha medida del error es importante al momento de tomar decisiones basadas en pronósticos por dos razones:

- La medida del error permite establecer si el pronóstico está siendo efectivo en predecir el componente sistemático de la demanda (Chopra y Meindl 203, 2007).
- Todos los planes de contingencia deben basarse en el análisis cuidadoso del error del pronóstico (Chopra y Meindl 203, 2007). Por ejemplo, un distribuidor puede reservar capacidad con un proveedor de contingencia tomando en cuenta la medida del error de pronóstico.

Una compañía puede seguir utilizando un método específico de pronóstico siempre y cuando no se observen ninguna de las dos siguientes circunstancias (Chopra y Meindl 203, 2007):

- La medida del error para un período específico se encuentre muy por fuera del rango histórico de estimaciones del error. Esto indica que el pronóstico ya no es efectivo en predecir el componente sistemático y por tanto deben evaluarse otros métodos.
- Si el método actual de pronóstico consistentemente sobreestima o subestima la demanda observada.

La estimación del error de pronóstico para el período t está dada por la siguiente relación:

$$E_t = F_t - D_t \quad (2.8)$$

Donde:

F_t es la demanda pronosticada

D_t es la demanda real observada en el período t

Existen 5 medidas del error con propósitos específicos, las cuales se basan en la relación anterior. Estas se describen a continuación (Chopra y Meindl 203-204, 2007):

- **“Mean Squared Error” (MSE):** Es análogo a la varianza del error de pronóstico, donde la media del error es 0 y la varianza del mismo está dada por MSE. MSE se calcula de la siguiente manera:

$$MSE_n = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n E_t^2 \quad (2.9)$$

- **“Mean Absolute Deviation” (MAD):** Se utiliza para estimar la desviación estándar del error bajo el supuesto que el componente aleatorio sigue una distribución normal. Este se calcula usando la siguiente expresión:

$$MAD_n = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n A_t \quad (2.10)$$

Donde la desviación absoluta en el período t es $A_t = |E_t|$

Si el componente aleatorio sigue una distribución normal, su desviación estándar está dada por:

$$\sigma = 1.25 \text{ MAD} \quad (2.11)$$

Finalmente, la estimación del componente aleatorio es 0 y su desviación estándar es σ .

- **“Mean Absolute Percentage Error” (MAPE):** Es el error absoluto promedio como porcentaje de la demanda. Se calcula de la siguiente forma:

$$\text{MAPE}_n = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{E_t}{D_t} \right| \times 100}{n} \quad (2.12)$$

- **“Bias” (sesgo):** Esta medida sirve para determinar si el método de pronóstico consistentemente sobreestima o subestima la demanda real, al sumar los errores de pronóstico de la siguiente manera:

$$\text{Bias}_n = \sum_{t=1}^n E_t \quad (2.13)$$

De esta manera, esta medida debería fluctuar alrededor de 0 si el error es realmente aleatorio.

- **“Tracking Signal” (TS):** Se define como la proporción entre **Bias** y **MAD** para un período t de la siguiente forma:

$$\text{TS}_t = \frac{\text{Bias}_t}{\text{MAD}_t} \quad (2.14)$$

Si TS para un determinado período está por fuera del rango ± 6 entonces ésta es una señal que el pronóstico está sesgado y se encuentra sobre o subestimando la demanda real (Chopra y Meindl 204, 2007). En dicho caso la compañía debe escoger un método de pronóstico más apropiado.

2.3. Manejo de Inventarios

2.3.1. Definición

El término inventario se refiere al manejo de existencias de materiales (materia prima, partes, productos, repuestos, producto en proceso) en diferentes etapas de la cadena de abastecimiento (Chopra y Meindl 50, 2007).

Existen diferentes funciones que cumplen los inventarios (Stevenson 543, 2007):

- Suavizamiento de requerimientos de producción: Para productos con demanda estacional, es frecuente que las empresas produzcan un *inventario estacional* durante

los períodos de poca demanda, de tal forma que se maximice el abastecimiento en períodos de alta demanda.

- Asegurar la continuidad de la operación: Los inventarios de producto en proceso (“WIP”), también conocidos como colchones (“buffers”), permiten a una línea de producción trabajar de manera ininterrumpida en caso de paros inesperados de maquinaria u otras situaciones similares.
- Protección frente a situaciones de falta de stock: Las empresas pueden construir un *inventario de seguridad* a modo de contingencia frente a la incertidumbre de la demanda y el abastecimiento.
- Aprovechar economías de escala: Usualmente es rentable para las empresas ordenar o producir en grandes lotes que exceden la cantidad inmediata demandada por el mercado. En dichos casos, los excedentes deben almacenarse para su uso posterior. El inventario que surge por la compra o producción en grandes lotes para aprovechar economías de escala se denomina *inventario de ciclo*.
- Aprovechar precios bajos: Frecuentemente una empresa ordena en grandes cantidades si conoce que los precios son susceptibles de incrementarse en el corto plazo. De forma similar, una empresa puede ordenar en cantidades más grandes a las ordinarias con el fin de sacar provecho de un descuento o promoción por tiempo limitado.

Los inventarios existen dentro de una cadena de abastecimiento por el desfase existente entre la demanda y la oferta (Chopra y Meindl 50, 2007). En general, los inventarios de producto terminado se construyen con la intención de incrementar la demanda que una compañía satisface, al disponer de existencias en el momento que se recibe la orden del cliente (Chopra y Meindl 50, 2007). El inventario es uno de los componentes más importantes de la cadena de abastecimiento, al ser una importante fuente de costo, así como tener un gran impacto en la capacidad de respuesta y la eficiencia de la cadena (Chopra y Meindl 50, 2007).

Los inventarios también afectan considerablemente el tiempo de flujo de materiales dentro de la cadena de abastecimiento (el tiempo que transcurre desde que el material entra en la cadena hasta que sale de la misma) (Chopra y Meindl 50, 2007). Esta afirmación se ilustra mediante la ley de Little, la cual relaciona la cantidad de inventario dentro de una cadena de abastecimiento con el tiempo de flujo y la velocidad de venta (throughput) de la siguiente manera (Chopra y Meindl 50, 2007):

$$I = DT \quad (2.15)$$

Donde:

I, es el tamaño del inventario medido en unidades

D, es la velocidad de venta o throughput

T, es el tiempo de flujo de la cadena de abastecimiento

Dado que generalmente el throughput es determinado por el mercado, una cadena de abastecimiento puede desarrollar una ventaja competitiva, reduciendo su tiempo de flujo mediante la reducción de los inventarios (Chopra y Meindl 51, 2007). La ley de Little es aplicable tanto para toda la cadena de abastecimiento como para un actor independiente de la misma (una empresa), ya que su aplicabilidad es en el marco de un sistema (Stevenson 544, 2007).

2.3.2. Indicadores Relacionados al Manejo de Inventarios

Los siguientes indicadores sugeridos por Chopra y Meindl tienen el propósito de medir el desempeño en el manejo de inventarios de una compañía (52, 2007):

- **Inventario promedio:** mide la cantidad promedio de inventario manejado. Este indicador debería medirse en términos de unidades, días de demanda y valor financiero.
- **Productos con más de x días de inventario:** permite identificar aquellos productos para los cuales la compañía está manejando demasiado inventario.
- **Tamaño de lote de reabastecimiento promedio:** mide la cantidad promedio en cada orden de reabastecimiento por ítem (SKU). Debería medirse en términos de unidades y días de demanda.
- **Inventario de seguridad promedio:** mide la cantidad promedio de inventario disponible cuando se recibe una orden de reabastecimiento. Igual que para el indicador anterior, el inventario de seguridad promedio debería medirse por SKU en términos de unidades así como días de demanda.
- **Fracción de tiempo sin stock:** mide la fracción de tiempo que un SKU específico tuvo cero inventarios. Este indicador puede ser utilizado para estimar la demanda durante períodos de escasez.

2.3.3. Decisiones Relacionadas al Manejo de Inventarios

Chopra y Meindl (52, 2007) describen diferentes decisiones que las compañías deben enfrentar al momento de manejar inventarios. Estas se resumen a continuación:

- **Inventario de Ciclo:** Las decisiones más usuales relacionadas a este tipo de inventarios son cuánto ordenar en cada orden y con qué frecuencia se deben emitir las órdenes. Para decidir sobre estos aspectos el principal balance que los administradores deben hacer es entre el costo de almacenar inventario durante largos períodos y el costo de ordenar con una mayor frecuencia.
- **Inventario de Seguridad:** Como se mencionó en 2.1.3.2, el inventario de seguridad permite hacer frente a la incertidumbre de la demanda y el abastecimiento. La decisión clave en este sentido es cuánto inventario de seguridad llevar. El balance a considerarse en este caso es el costo de las ventas perdidas por falta de existencias frente al costo de tener inventario en exceso.
- **Inventario Estacional:** Los administradores deben decidir en primer lugar si es necesario o no crear un inventario estacional. En caso de que se decida construir uno, se debe decidir cuánto inventario crear. El principal balance que debe hacerse para establecer la cantidad de inventario estacional es entre el costo de disponer de una oferta más flexible frente al costo adicional de manejar el inventario estacional durante los períodos de baja demanda.
- **Nivel de Disponibilidad de Producto:** El nivel de disponibilidad de producto se define como la fracción de la demanda que se satisface a tiempo a través de producto en stock (inventario). Un alto nivel de disponibilidad de producto ofrece una gran capacidad de respuesta a los clientes por que el producto se encuentra disponible siempre que el cliente emite una orden, sin embargo el costo se incrementa por manejo de una gran cantidad de inventario. Por el contrario, un bajo nivel de disponibilidad de producto implica un bajo costo de manejo de inventarios pero a costa de servicio al cliente deficiente. El principal balance que se debe considerar en este caso es entre el costo de manejar una gran cantidad de inventarios frente al costo relacionado a las ventas perdidas por falta de stock.

2.3.4. Sistemas de Inventario

De acuerdo a Narasimhan (91, 1996), “los objetivos de un buen servicio al cliente y de una producción eficiente deben ser satisfechos manteniendo los inventarios en un nivel mínimo”. Esta afirmación es verdadera dado que los inventarios representan

dinero para la empresa. Por tanto, disponer de un inventario mayor al mínimo necesario representa tener dinero improductivo en bodegas de la empresa (Narasimhan et. al. 91, 1996).

Con el fin de identificar los inventarios, se denomina a cada artículo distinto del inventario que se encuentra en algún lugar específico como SKU (del inglés “Stock Keeping Unit”) (Narasimhan et. al. 91, 1996).

Los sistemas de control de inventarios se pueden dividir en dos tipos: (1) sistemas de revisión periódica y (2) sistemas de revisión continua. Dentro de cada tipo de sistema, se definen políticas de inventario que establezcan cuánto y cuándo ordenar. A continuación se proporciona una descripción de ambos tipos de sistemas (Stevenson 545, 2007):

- **Sistema de Revisión Periódica:** Se realiza un conteo físico de las unidades en intervalos de tiempo predefinidos para decidir cuánto ordenar de cada artículo del inventario. Una ventaja de este sistema de revisión es que se realizan órdenes de múltiples artículos al mismo tiempo, por tanto se pueden coordinar las órdenes para lograr economías de escala en el procesamiento de órdenes y en el transporte. Posibles inconvenientes de este sistema son la falta de control entre los períodos de revisión y la necesidad de contar con stock adicional para evitar faltantes de stock en dicho lapso de tiempo. En general, bajo un sistema periódico, el administrador determina el nivel actual del inventario y ordena la cantidad necesaria para alcanzar un nivel S predefinido.
- **Sistema de Revisión Continua:** Este sistema monitorea constantemente los artículos que salen del inventario por lo que es posible determinar el nivel del inventario en cualquier momento. Bajo este tipo de sistema, el administrador monitorea el inventario continuamente. Cuando el nivel llega a un nivel P predefinido, el administrador ordena una cantidad Q fija. Una ventaja de este tipo de sistema es el control permanente del inventario. En contraste, este sistema implica costos mayores relacionados al manejo de inventarios debido al control permanente del inventario y debido a que conteos periódicos del inventario siguen siendo necesarios con el fin de contemplar deterioro, robos, extravíos entre otros factores.

Existen numerosos modelos matemáticos en la literatura que permiten determinar políticas de inventario óptimas (o cercanas al óptimo) para una gran variedad de

problemas. El más sencillo y ampliamente conocido es el modelo EOQ/ROP, sin embargo las condiciones impuestas por el mismo lo hacen inaplicable en múltiples situaciones reales (Stevenson 545, 2007). A continuación se describen algunos modelos seleccionados en función de su aplicabilidad a la situación de la Empresa, la cual incluye el manejo de múltiples productos, la necesidad de coordinar órdenes de productos provenientes de un mismo proveedor, considerar una demanda desconocida y variable de período a período, entre otras. Estas consideraciones se desarrollan en detalle en el Capítulo 5, el cual contempla el manejo de los inventarios.

- **Lotes Ordenados y Entregados de Manera Conjunta:**

Según Chopra y Meindl (270, 2007), este modelo se desarrolla en base a productos que son ordenados de manera conjunta, con las demandas anuales por cada producto de naturaleza determinística y constante. Existe un costo fijo de ordenar independiente del número de artículos que se incluyan en la orden, además de un costo fijo por cada tipo de artículo que se incluya en la orden. El modelo encuentra la frecuencia óptima para ordenar el grupo de productos, minimizando los costos de ordenar y mantener el inventario.

- **Cantidad de Pedido para Reabastecimiento Conjunto:**

De acuerdo con Narasimhan (119, 1996), este modelo se desarrolla en base a productos que son ordenados de manera conjunta, las demandas anuales por cada producto son de naturaleza determinística y constante, los tiempos de entrega son conocidos por cada grupo de productos y los costos de ordenar y de mantener inventario son conocidos. El modelo busca la cantidad óptima de dinero anual y así obtener en base a fórmulas matemáticas la cantidad y frecuencia óptima para ordenar.

- **EOQ para Múltiples Productos:**

Hopp y Spearman (591, 2000) mencionan que este modelo se desarrolla en base a productos que son ordenados de manera conjunta, las demandas anuales por cada grupo son de naturaleza determinística y constantes y con costos fijos por orden y de mantenimiento de inventario. El modelo se desarrolla a través de prueba y error, o a través de heurísticas matemáticas que encuentren la frecuencia óptima de ordenar.

- **(Q,r) para Múltiples Productos:**

Según indican Hopp y Spearman (606, 2000), este modelo se desarrolla en base a productos ordenados de manera conjunta, los costos unitarios de los productos, la demanda anual que posee naturaleza estocástica y a los tiempos y desviación estándar de entrega de los diferentes proveedores. El modelo busca minimizar la inversión promedio de inventario, sujeta a la restricción de la frecuencia de reabastecimiento y el nivel de servicio que se pretende dar a los clientes.

- **Problema de Abastecimiento Conjunto de Artículos con Demandas Determinísticas pero Variables en el Tiempo:**

Boctor et. al. (2667, 2004) consideraron el problema de ordenar de manera coordinada varios ítems, los cuales tienen demanda determinística pero variable en el tiempo, y donde se incurre en un costo común por cada orden emitida, además de un costo individual por cada artículo que se incluye en la orden. El objetivo es determinar las cantidades de pedido X_{it} para cada artículo i y para cada período t que minimizan los costos de ordenar y mantener el inventario a lo largo del horizonte de planeación. La formulación clásica de este problema (denominado DJRP del inglés “Dynamic Demand Joint Replenishment Problem”) se logra mediante programación lineal entera, sin embargo la resolución de dicho modelo se vuelve muy compleja (en términos de requerimientos computacionales) a medida que aumentan el número de artículos y el número de períodos dentro del horizonte de planeación (Boctor et. al. 2667, 2004). Por esta razón, se han desarrollado heurísticas que permiten encontrar una solución adecuada en un tiempo aceptable de cómputo. Una de estas heurísticas es la de Fogarty y Barringer (Boctor et. al. 2668, 2004).

Las suposiciones de los modelos antes mencionados se analizan en el Capítulo 5, donde se determina el modelo que se ajusta de mejor manera a la realidad de la Empresa.

2.4. Planificación de la Cadena de Abastecimiento

Como se mencionó anteriormente (ver sección 2.1.1.3), la planificación de la cadena de abastecimiento tiene como objetivo maximizar las ganancias de toda la cadena tomando en cuenta las restricciones impuestas por el diseño de la misma. Dado que los tiempos de reposición son usualmente largos, la empresa debe anticiparse a la demanda y planificar de qué manera se va a cumplir con la misma, es decir, planificar la oferta (Chopra y Meindl 218, 2007). El presente estudio se enfoca en la planificación de la oferta a través de la planificación de fuentes de abastecimiento (asignación de fuentes de

abastecimiento a mercados) y en la planificación agregada para los requerimientos de producción.

2.4.1. Asignación de Fuentes de Abastecimiento a Mercados

Según Chopra y Meindl (115, 2007), “la asignación de mercados y fuentes de abastecimiento tiene un impacto significativo en el desempeño ya que afecta los costos totales de producción, inventarios y transporte incurridos por la cadena de abastecimiento para satisfacer la demanda de los consumidores”. La decisión de asignación de mercados y fuentes de abastecimiento puede cambiarse regularmente, a medida que se dan cambios en el mercado y los costos de los factores antes mencionados. Por tanto esta decisión tiene un alcance para el mediano plazo (Chopra y Meindl 115, 2007).

Chopra y Meindl (132, 2007) sugieren resolver el problema de asignación de mercados y fuentes de abastecimiento mediante un modelo de programación lineal. El modelo contempla n fuentes de abastecimiento para m puntos de demanda (mercados); cada combinación de fuente de abastecimiento y punto de demanda implica un costo C_{ij} que incluye costos de producción y transporte. El objetivo del modelo es determinar la combinación óptima que minimiza los costos de producción y transporte mientras se abastece la demanda de los m puntos desde las n fuentes de abastecimiento. El modelo completo se establece a continuación (Chopra y Meindl 133, 2007):

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{ij} x_{ij} \quad (2.16)$$

suje to a :

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = D_j \quad \text{para } j = 1, \dots, m \quad (2.17)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = K_i \quad \text{para } i = 1, \dots, n \quad (2.18)$$

Donde:

n es el número de fuentes de abastecimiento disponibles

m es el número de puntos de demanda que se deben abastecer

D_j es la demanda anual del mercado j

K_i es la capacidad de la fuente de abastecimiento i

C_{ij} es el costo incurrido al abastecer el punto de demanda j con una unidad enviada desde la fuente de abastecimiento i

X_{ij} es la variable de decisión que indica la cantidad de unidades entregadas al mercado j desde la fuente i .

2.4.2. Planificación Agregada

2.4.2.1. Definición

La planificación agregada es un proceso que permite determinar niveles ideales de mano de obra, producción, subcontratación, inventario y precio a lo largo de un horizonte de tiempo, con el fin de maximizar la rentabilidad mientras se satisface la demanda (Chopra y Meindl 218, 2007). El problema que resuelve la planificación agregada puede formularse de la siguiente manera: “Dado el pronóstico de demanda para cada período dentro del horizonte de planificación, determinar los niveles de producción, inventario y capacidad de producción (tanto interna como subcontratada) para cada período que maximizan las ganancias de la empresa a lo largo de todo el horizonte de planificación.” (Chopra y Meindl 220, 2007).

La planificación agregada contempla algunos parámetros, entre los cuales se pueden mencionar los siguientes (Chopra y Meindl 219, 2007):

- Niveles de producción: Se refiere al número de unidades a producirse por período.
- Fuerza laboral: Considera el número de trabajadores necesarios para cumplir el nivel de producción requerido.
- Tiempo extra: Indica la cantidad de tiempo extra requerido para cumplir con el nivel de producción requerido.
- Capacidad de máquina: Determina el número de unidades de capacidad de máquina requeridos por encima de la capacidad existente.
- Subcontratación: Se refiere a la capacidad subcontratada requerida a lo largo del horizonte de planeación.
- Inventario disponible: Contempla la cantidad de inventario que debe llevarse en cada período dentro del horizonte de planificación.

El plan agregado considera los costos relacionados con los parámetros antes mencionados y de esta manera determina el nivel adecuado de cada uno de ellos que permite abastecer la demanda pronosticada minimizando el costo total de las operaciones, maximizando por tanto las ganancias (Chopra y Meindl 220, 2007).

2.4.2.2. Estrategias para la Planificación Agregada

En general, la planificación agregada debe realizar un balance entre los costos de mantener inventario, modificar la capacidad e incurrir en pedidos pendientes (“backlogs”) o faltantes de stock (“stockouts”) para llegar a un plan óptimo para el horizonte de planificación establecido por el analista (Chopra y Meindl 221, 2007).

Dado que aumentar uno de los costos antes mencionados automáticamente disminuye los otros dos, el planificador utiliza uno de los costos como regulador de los otros costos. De esta manera se definen las siguientes estrategias de planificación agregada (Chopra y Meindl 222, 2007):

- **Estrategia de Seguir la Demanda:** Se usa a la capacidad como regulador. De esta manera se ajusta la tasa de producción a la demanda al variar la capacidad de maquinaria o el tamaño de la mano de obra. En la práctica esta estrategia es difícil de poner en práctica ya que suele ser costoso variar la capacidad de maquinaria o el tamaño de la fuerza laboral en el corto plazo. Sin embargo la estrategia logra bajos niveles de inventario.
- **Estrategia de Flexibilidad a Través de Fuerza Laboral o Capacidad:** Esta estrategia usa la utilización como regulador y aplica cuando se tiene capacidad de máquina en exceso. En este sentido, el tamaño de la fuerza laboral se mantiene constante pero se hace variar el número total de horas trabajadas (en tiempo normal o tiempo extra) con el fin de sincronizar la producción con la demanda.
- **Estrategia Nivelación por Medio de Inventario:** Esta estrategia usa el nivel de inventario como regulador, mientras se mantiene la capacidad de máquina, el tamaño de la fuerza laboral y el número de horas trabajadas en niveles fijos. Con esta estrategia la producción no se sincroniza con la demanda. En contraste, se construye inventario en anticipación a la demanda futura o se incurre en pendientes desde períodos de alta demanda a períodos de menor demanda. Una desventaja de esta estrategia es que genera altos niveles de inventario y parte de la demanda no es satisfecha.

2.4.2.3. Metodologías de Planificación Agregada

De acuerdo a Stevenson (611, 2007), las metodologías de planificación agregada se clasifican en las categorías de prueba y error y de modelamiento matemático.

Las metodologías de prueba y error utilizan tablas o gráficos que permiten desarrollar varios planes y compararlos en busca del mejor plan. El principal inconveniente con esta metodología es que difícilmente se encuentra el plan óptimo. La principal ventaja

es la facilidad de comprender la metodología, así como la capacidad de visualizar el plan desarrollado (Stevenson 613, 2007).

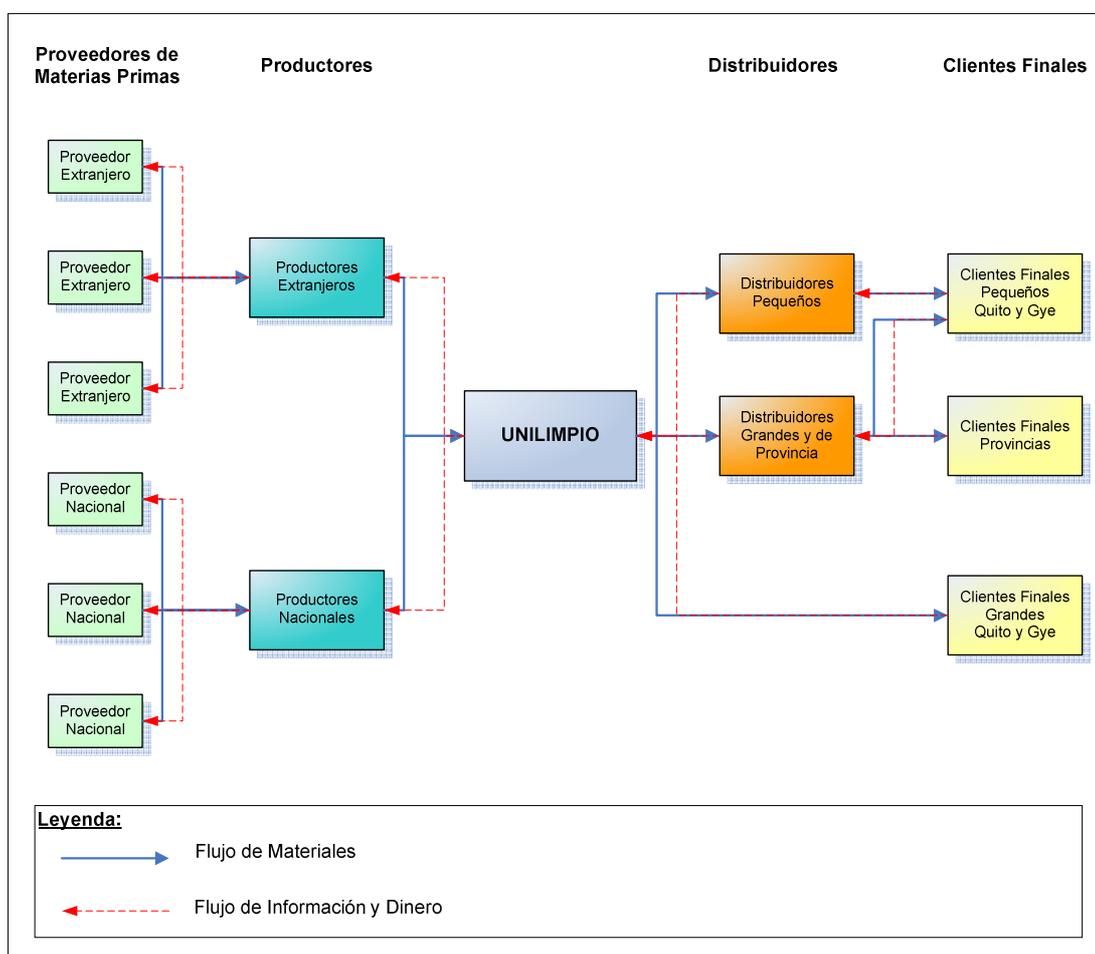
Las metodologías matemáticas incluyen modelos de programación lineal, modelos de simulación, heurísticas y modelos de búsqueda computacional. Con respecto a modelos de programación lineal, estos usualmente se enfocan en encontrar un plan óptimo al minimizar los costos totales durante el horizonte de planificación, sujeto a restricciones de capacidad, fuerza laboral, inventarios, demanda, entre otras. Los modelos de simulación incluyen complejos modelos matemáticos que permiten realizar análisis de los resultados bajo diferentes situaciones. Sin embargo, los modelos de simulación no siempre encuentran el plan óptimo (Stevenson 615, 2007).

A pesar de que los métodos matemáticos permiten encontrar de manera más rápida y certera un plan óptimo (o cercano al mismo), estos no son ampliamente usados. En la práctica, los administradores suelen recurrir a métodos de prueba y error respaldados por el conocimiento empírico del negocio con el fin de desarrollar un plan agregado. La principal razón parece ser la complejidad matemática que desalienta el uso de estos métodos (Stevenson 618, 2007).

3. SITUACION ACTUAL

3.1. Configuración y Planificación de la Cadena de Abastecimiento

La Figura 3 muestra la red de distribución para la cadena de abastecimiento actual de Unilimpio. En ella se ilustra el flujo de materiales y de información entre los diferentes eslabones de la cadena. Al inicio de la cadena se encuentran los proveedores de materias primas, los cuales abastecen a los productores. Estos por su parte abastecen de producto terminado a la empresa Unilimpio. Hacia el final de la cadena se encuentran los distribuidores de la Empresa y los clientes finales.



*Generación Propia

Figura 3. Cadena de Abastecimiento de Unilimpio S.A.

Como se mencionó en el Capítulo 2, se define como cliente final al único eslabón del cual ingresan flujos positivos de dinero en la cadena de abastecimiento (Chopra y Meindl 6, 2007). En el caso de la cadena de abastecimiento de Unilimpio, los clientes finales son las instituciones que adquieren productos de limpieza para ser consumidos (usados) ya sea por sus clientes o por su personal de mantenimiento. La Figura 3 también

pone en evidencia los tipos de clientes directos manejados por la empresa: distribuidores pequeños que realizan “Last-Mile Delivery” (Chopra y Meindl 88, 2007), distribuidores grandes y de provincia y clientes finales grandes.

Cabe recalcar que esta cadena de abastecimiento no ha sido diseñada en base a un enfoque estratégico específico, de la manera que se describió en el Capítulo 2. Esta cadena se ha ido construyendo a medida que la empresa Unilimpio ha buscado expandir su mercado a otras provincias, atender segmentos específicos de clientes y diversificar su portafolio de productos (Conversación personal con Julieta Carchi, Gerente General de Unilimpio S.A.). La planificación de la cadena de abastecimiento se realiza en función a un presupuesto de ventas anual y contempla principalmente la planificación de importaciones y la planificación financiera correspondiente (Conversación personal con Julieta Carchi, Gerente General de Unilimpio S.A., 2008).

3.2. Nivel de Satisfacción de los Clientes

La determinación del nivel de satisfacción actual de los clientes de Unilimpio se basa en un estudio sobre calidad de servicio que fue realizado por la Empresa en el primer semestre del año 2007. Dicho estudio evaluó la percepción de los clientes con respecto de la calidad del servicio ofrecido por la empresa. La evaluación se realiza en base a cuatro perspectivas principales: confiabilidad, tangibilidad, capacidad de respuesta y empatía (Unilimpio S.A., Estudio sobre Calidad de Servicio, 13, 2007).

Para realizar el estudio se elaboró una encuesta que contemplaba la percepción de los clientes en cada una de las perspectivas antes mencionadas (ver Anexo 1). Cada una de las afirmaciones presentadas en la encuesta fue evaluada por los clientes mediante una escala Likert de 5 puntos. La muestra de clientes a ser evaluados se construyó tomando en cuenta aquellos que representaron el mayor volumen de ventas durante el primer trimestre del año 2007. El tamaño de la muestra seleccionada representó el 3% del número total de clientes activos, mientras que el volumen de ventas correspondiente fue de aproximadamente 62% de las ventas totales de la empresa. La información utilizada para la selección de la muestra se muestra en la Tabla 1 (Unilimpio S.A. Estudio sobre Calidad de Servicio, 13, 2007).

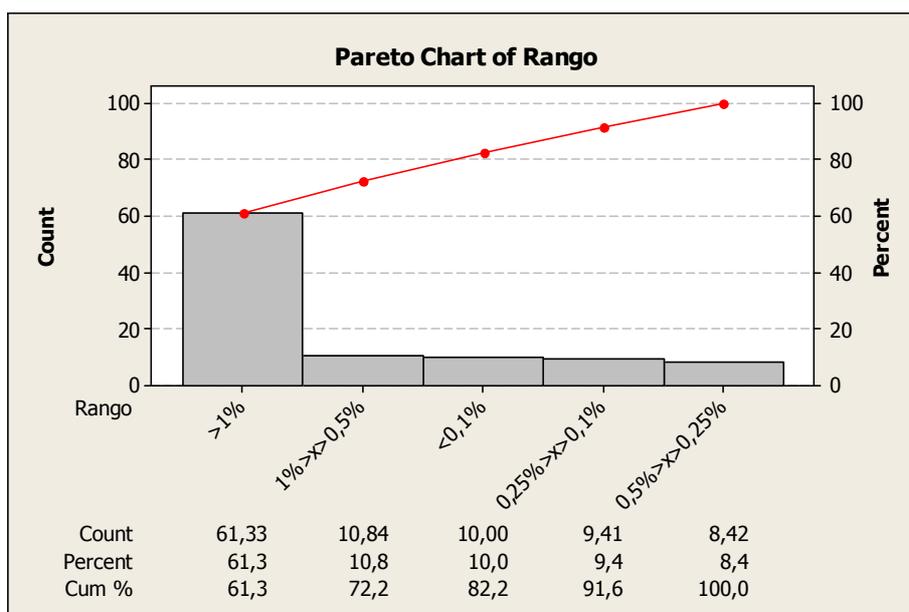
Adicionalmente, la Figura 4 muestra el diagrama de Pareto para la información presentada en la Tabla 1. En ella se puede observar que la muestra de clientes seleccionada es significativa dado que representan un volumen de ventas muy importante. En este sentido, es de interés para la empresa evaluar el nivel de satisfacción de dichos

clientes con el fin de determinar oportunidades de mejora que tengan un gran impacto en las ganancias de la empresa (Unilimpio S.A., Estudio sobre Calidad de Servicio, 13, 2007).

Tabla 1. Selección de la Muestra para Estudio de Calidad de Servicio en Unilimpio

#	CODIGO	%
1	130020	4,76%
2	146097	4,41%
3	150092	4,30%
4	150087	3,91%
5	146114	3,79%
6	140722	3,59%
7	146398	3,31%
8	180039	3,19%
9	160007	3,00%
10	146453	2,94%
11	160154	2,87%
12	146136	2,78%
13	180034	2,68%
14	140809	2,48%
15	140675	2,44%
16	180036	2,39%
17	180029	2,22%
18	140150	2,12%
19	146056	2,11%
20	16448	2,04%
Total		61,33%
Rango		
	x>1%	61,33%
	1%>x>0,5%	10,84%
	0,5%>x>0,25%	8,42%
	0,25%>x>0,1%	9,41%
	<0,1%	10,00%
Total		100,00%

*Fuente: Unilimpio S.A., Estudio sobre Calidad de Servicio, 13, 2007



*Fuente: Unilimpio S.A., Estudio sobre Calidad de Servicio, 13, 2007

Figura 4. Diagrama de Pareto de Grupos de Clientes en Función del Porcentaje de Ventas Totales

Para el desarrollo del presente proyecto, se tomaron en cuenta aquellas preguntas de la encuesta que se relacionaban al desempeño de la cadena de abastecimiento. Las preguntas seleccionadas, los resultados obtenidos para estas preguntas y su análisis correspondiente se resumen a continuación (Unilimpio S.A., Estudio sobre Calidad de Servicio, 13, 2007):

- **Percepción General del Servicio:**

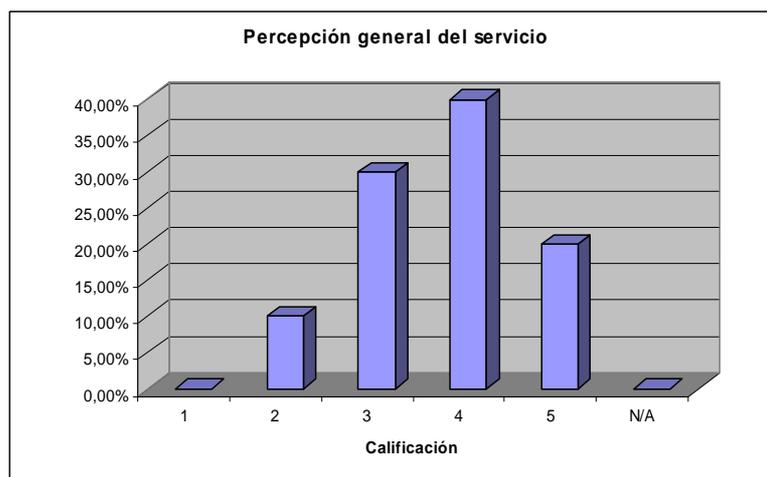


Figura 5. Percepción General del Servicio de Unilimpio S.A.

Se observa en la Figura 5 que el 60% de los clientes consideran que el servicio de la Empresa es Bueno o Excelente (calificaciones de 4 o 5), sin embargo cerca del 40% restante considera que este es malo o regular (ni bueno ni malo). Si bien esto no implica necesariamente una deficiente planificación de la cadena de abastecimiento, permite tener una idea de la situación actual de la empresa con respecto a la satisfacción de los clientes y, a la vez, que existen oportunidades de mejora en este sentido. Tomando en cuenta la naturaleza de la Empresa (importación y distribución) es razonable pensar que mejorar el desempeño de la cadena de abastecimiento es susceptible de incrementar considerablemente el nivel de satisfacción de los clientes a través de una mejor disponibilidad de producto y tiempos de entrega.

- **Confiablez del Servicio:**

La Figura 6 que se presenta a continuación muestra que el 35% de los clientes han tenido problemas con la precisión de las entregas en cuanto a cantidades y características se refiere. Con respecto a las cantidades incorrectas, estas se pueden deber a la falta de disponibilidad de producto lo cual genera pedidos pendientes o la pérdida de la

venta (Conversación personal con Emilio Filbig, Jefe de Compras de Unilimpio S.A., 2008).

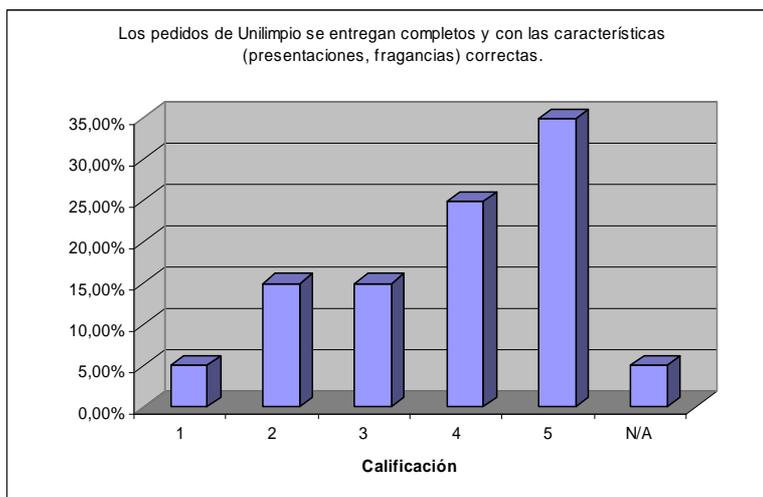


Figura 6. Pedidos de Unilimpio se Entregan Completos y con las Características Correctas

- **Capacidad de Respuesta:**

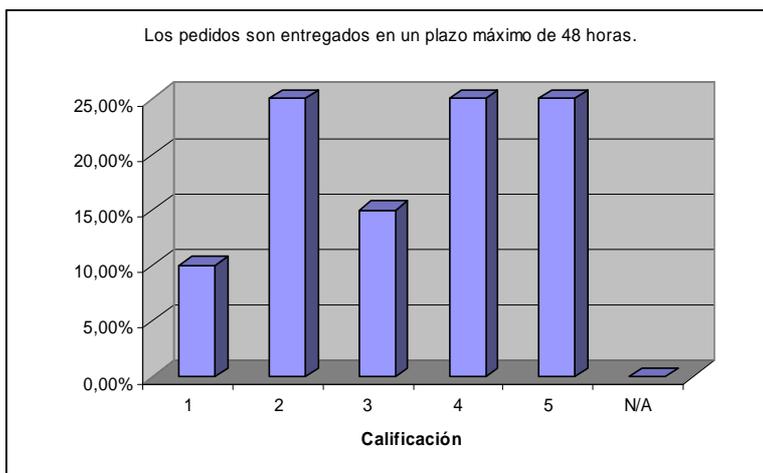


Figura 7. Los Pedidos son Entregados en un Plazo Máximo de 48 Horas

En la Figura 7 se observa que cerca del 50% de los clientes perciben que reciben las entregas de sus pedidos en un tiempo mayor a 48 horas. En muchos casos, las entregas retrasadas corresponden a pedidos pendientes, los cuales se generan por falta de disponibilidad de producto como se analizó en la pregunta anterior (Conversación personal con Emilio Filbig, Jefe de Compras de Unilimpio S.A., 2008).

Analizando de manera conjunta las Figuras 5, 6 y 7, es posible concluir que existe una considerable fracción de clientes importantes que se encuentra insatisfecha con el servicio de Unilimpio. Una de las causas de esta insatisfacción es la falta de un adecuado

nivel de disponibilidad de producto, lo que genera pedidos que se entregan incompletos y pedidos pendientes que se entregan por fuera del nivel de servicio establecido por la empresa (48 horas).

3.3. Medidas de Desempeño

La Empresa realiza la medición de un conjunto de indicadores que forman parte del balance general, el cual se emite mensualmente con el objetivo de determinar la situación financiera de la compañía. Adicionalmente, la dirección se encuentra implementando un conjunto de indicadores en base al enfoque “Balanced Scorecard” con el fin de evaluar el desempeño de la empresa en las perspectivas financiera, mercado, procesos y aprendizaje de la organización (Conversación personal con Laura Zavala, Jefe de Contabilidad de Unilimpio S.A., 2008).

A pesar de esto, el único indicador que se encuentra implementado para la evaluación de la gestión de inventarios es denominado Rotación de Inventarios, el cual forma parte del balance general mensual. Dicho indicador es medido mensualmente por el Jefe de Contabilidad y presentado a Gerencia General hasta el día 12 del mes siguiente (Conversación personal con Laura Zavala, Jefe de Contabilidad de Unilimpio S.A., 2008). El indicador en cuestión determina el número de días promedio necesarios para realizar una rotación de inventario de la siguiente forma:

$$RI = \frac{I}{C} \times 30 \quad (3.1)$$

Donde:

RI es el índice de rotación de inventarios medido en días

I es el valor (en USD) del inventario para el período en cuestión

C es el costo (en USD) de ventas (o costo de los artículos vendidos)

En la Figura 8 se ilustra la evolución del indicador desde enero de 2007 hasta marzo de 2008. Es posible observar que la rotación de inventarios oscila alrededor de los 40 días. Es decir que le toma a la empresa más de un mes para vender todo el inventario. Sin embargo, el análisis de este indicador debe realizarse con precaución ya que depende del negocio (Narasimhan et. al. 95, 1996). En la Figura 8 no se distingue una tendencia específica, sin embargo se conoce que en años anteriores al 2007 la rotación de inventarios habría llegado hasta los 60 días (Conversación personal con Laura Zavala, Jefe de Contabilidad de Unilimpio S.A., 2008). Por lo tanto, se reconoce una mejoría en la gestión de inventarios a partir del año 2007.

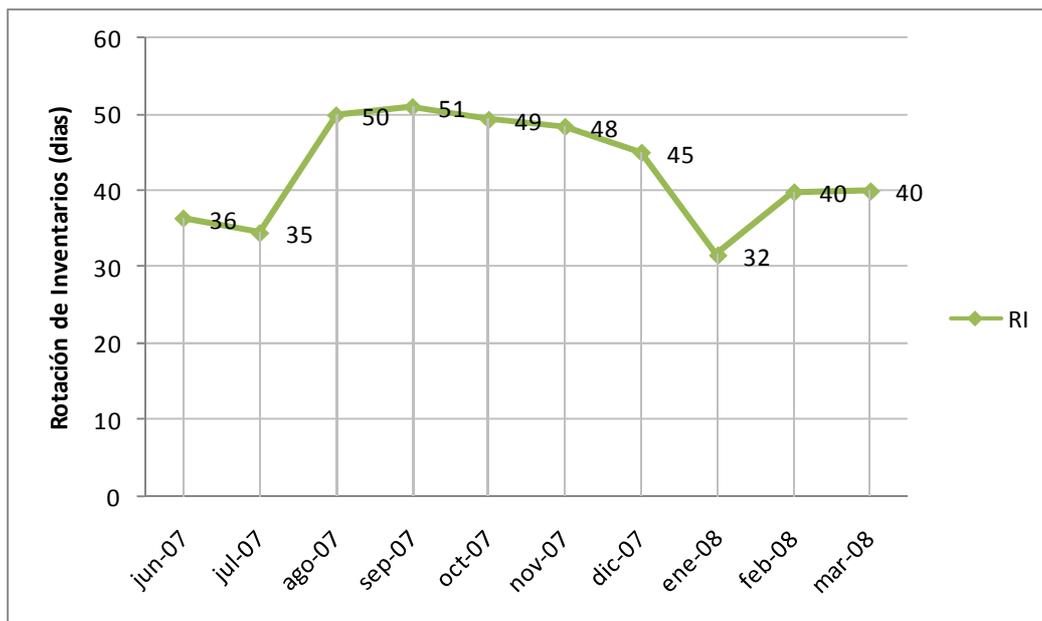


Figura 8. Evolución del Índice de Rotación de Inventarios (RI)

Por otro lado, los tiempos de reposición de proveedores son un indicador de la agilidad de la cadena de abastecimiento. Dado que los principales proveedores son internacionales, y algunos de ellos son de ultramar, los tiempos de reposición son largos. Esto significa que la cadena de abastecimiento no es muy ágil por lo que se debe realizar pronósticos de varios períodos en el futuro. Este tema se trata a detalle en el Capítulo 4. A continuación se resumen los tiempos de reposición manejados por la empresa (Conversación personal con Emilio Filbig C., Jefe de Compras de Unilimpio S.A., 2008):

- Proveedores de Asia: 80 días calendario.
- Proveedores Europa: 80 días calendario.
- Proveedores de Perú y Colombia: 45 días calendario.
- Proveedor Chile: 80 días calendario.
- Proveedores locales: 2 días para locales y 4 días para provincia calendario.

3.4. Planificación de la Demanda

Actualmente, Unilimpio realiza la planificación de su demanda basándose en un presupuesto de ventas para el año en curso. Dicho presupuesto se elabora al inicio de cada año entre la Gerencia de Ventas y los Ejecutivos de Ventas (Conversación personal con Emilio Filbig M., Gerente de Comercialización de Unilimpio S.A., 2008). Para esto se toma como entrada el presupuesto de ventas del año anterior y su cumplimiento. A partir de esto se realiza un análisis de compras entre los clientes más importantes, en el cual se

considera los siguientes aspectos (Conversación personal con Emilio Filbig M., Gerente de Comercialización de Unilimpio S.A., 2008):

- Qué líneas de productos compra el cliente actualmente y cuál es el volumen de ventas potencial en estos rubros.
- Qué líneas de productos el cliente no compra actualmente y cuál es el volumen de ventas potencial en estos rubros.
- Qué nuevos productos se van a incorporar en el portafolio y cuál es volumen potencial de ventas en estos rubros.
- Qué clientes compran actualmente a la competencia, cuántos de estos clientes podrían captarse y cuál es el potencial volumen de ventas correspondiente.

Una vez establecido el presupuesto de ventas para el año, se coordinan las compras a proveedores tomando en cuenta el tiempo de reposición de los proveedores. Se realizan compras mensualmente a proveedores internacionales con el fin de poder realizar correcciones en caso de que la demanda sea superior a la presupuestada (Conversación personal con Emilio Filbig C., Jefe de Compras de Unilimpio S.A., 2008).

3.5. Manejo Actual de los Inventarios

Los costos de mantener inventarios se estiman en función de los sueldos de las personas implicadas en el área de Bodega, así como el alquiler correspondiente al espacio de bodega ocupado por el inventario (Conversación personal con Emilio Filbig C., Jefe de Compras de Unilimpio S.A., 2008).

Antes de enero de 2008 no se manejaban políticas de inventario bien definidas. El reaprovisionamiento de productos y los niveles de inventario a manejarse se basaban en el criterio del personal del área de Compras, quienes elaboraban un plan de importación de acuerdo al presupuesto de ventas establecido para cada mes y el tiempo de reposición de los diferentes proveedores. Las órdenes de reaprovisionamiento se emitían a partir de una inspección visual del nivel de inventario, la cual se realizaba dos veces por mes (Conversación personal con Emilio Filbig C., Jefe de Compras de Unilimpio S.A., 2008).

A partir de enero de 2008 se ha implementado una nueva política de inventario que contempla stocks de seguridad y puntos de re-orden. Esta política se basa en los datos históricos de ventas (en dólares) del año 2007 versus el presupuesto de ventas para el mismo año (Conversación personal con Emilio Filbig C., Jefe de Compras de Unilimpio S.A., 2008). A partir de esta información, se utiliza un formato de hoja de

cálculo de la siguiente manera (Conversación personal con Emilio Filbig C., Jefe de Compras de Unilimpio S.A., 2008):

- Se determina por cada período (mes) del año 2007, la desviación como porcentaje entre el monto de ventas presupuestado versus el monto de ventas real (en dólares).
- Se calcula la suma de estas desviaciones.
- Se calcula el valor absoluto de esta suma, y se divide para el número de períodos. Con esto se determina una desviación absoluta mensual (MAD).
- A partir de una tabla de normalidad, se determina el factor de servicio que corresponde a un nivel de servicio de 95% fijado por la empresa.
- A partir del cálculo de MAD, se determina un porcentaje de stock de seguridad usando la relación:

$$\% SS = MAD \times \text{Factor de servicio} \quad (3.2)$$

- El nivel de stock de seguridad para un ítem específico es la cantidad presupuestada para el período multiplicada por el porcentaje de stock de seguridad determinado en el punto anterior.
- Los puntos de re-orden (PR) por ítem se fijan usando la siguiente relación:

$$PR = Q \times L + SS \quad (3.3)$$

Donde:

Q, es la cantidad promedio de venta mensual del ítem en cuestión

L, es el tiempo de reposición del proveedor en meses

SS, es el nivel de stock de seguridad para el ítem en cuestión

En síntesis, la metodología que utiliza actualmente la empresa determina una medida del error del presupuesto de ventas global en dólares. Esta medida de error se utiliza para determinar un stock de seguridad para cada ítem.

Es importante notar que el cálculo de MAD anterior se lo realiza a partir del presupuesto global de ventas, el cual agrega todas las líneas de productos. De esta manera se estaría considerando un mismo nivel de servicio para artículos de alta y baja rotación.

Esto podría traducirse en un incremento innecesario de niveles de inventario para artículos de baja rotación. Adicionalmente, la empresa no maneja cantidades económicas de pedido. La cantidad de pedido se fija en función de la cantidad de productos a ordenarse en el período teniendo en cuenta que se deben llenar contenedores para aprovechar economías de escala. Por tanto dichas cantidades de pedido están completamente sujetas al criterio y experiencia del personal del Área de Compras. Por

último, se constató un error en el cálculo de MAD en el formato de hoja de cálculo que maneja la Empresa. En este se suman las desviaciones del presupuesto sin antes transformarlas a valor absoluto. Esto implicaría una sub-estimación de la verdadera dimensión del error al anularse desviaciones positivas y negativas.

Usando esta nueva política de inventarios se percibe un incremento en la disponibilidad de producto, sin embargo no se ha evaluado aún cuál ha sido el impacto en el costo de los inventarios (Conversación personal con Emilio Filbig C., Jefe de Compras de Unilimpio S.A., 2008).

4. PRONOSTICOS DE DEMANDA

4.1. Objetivos de los Pronósticos

Es importante que la organización sepa con claridad cuál es el propósito de realizar pronósticos de demanda. El establecimiento de dicho objetivo permite a la empresa tomar decisiones de tipo “qué pronosticar” (o la unidad a utilizarse, por ejemplo USD, unidades, lotes, etc.) y cuál es el horizonte de tiempo que se debe manejar (Narasimhan et. al. 48, 1996). De acuerdo al enfoque del presente proyecto, el objetivo de la empresa para realizar pronósticos es la planificación de la demanda y la oferta, es decir, determinar con cierta anticipación las cantidades de artículos y grupos de artículos que serán demandados por el mercado y de qué manera la empresa va a responder a dicha demanda. La planificación de la demanda y la oferta le permite a la empresa operar su cadena de abastecimiento de tal manera que maximice sus utilidades (Chopra y Meindl 185, 2007). En el caso de Unilimpio, la planificación de la demanda implica el desarrollo de pronósticos de demanda para un horizonte planeación. Estos pronósticos proporcionan información de entrada para la planificación de la oferta, la cual se enfoca en planificar para el mediano plazo la capacidad de producción y fuentes de abastecimiento así como el establecimiento de políticas de inventario. Para la planificación de capacidad de producción y fuentes de abastecimiento es apropiado utilizar un nivel agregado de artículos así como un horizonte de tiempo amplio (por ejemplo un año), mientras que para el establecimiento de políticas de inventario puede ser apropiado manejar los artículos a nivel individual y con un horizonte de tiempo más corto (por ejemplo trimestral) (Narasimhan et. al. 256, 1996).

Dado el objetivo de la empresa para realizar pronósticos de demanda, es posible determinar qué pronosticar así como el horizonte de planificación y la frecuencia de análisis adecuados.

4.2. Clasificación de los Productos

Existen diversas estrategias para desarrollar la planificación tanto de demanda como de oferta. Para algunos productos, algunas de estas estrategias son más factibles en términos de costo y facilidad de implantación (Hopp y Spearman 587, 2000). La manera más adecuada de enfrentar esta situación es segmentando el portafolio de productos con el fin de utilizar diferentes estrategias para diferentes tipos de productos en función de su importancia (Hopp y Spearman 587, 2000). El enfoque ABC es una

aplicación de la regla de Pareto que permite segmentar adecuadamente los productos en términos del valor, ventas, o cualquier otro criterio establecido por la empresa (Hopp y Spearman 587, 2000).

A pesar de que el enfoque ABC sugerido por Hopp y Spearman (587, 2000) está orientado hacia el manejo de materia prima, éste es perfectamente aplicable a la clasificación de inventario de producto terminado para el caso de una empresa de distribución, donde la materia prima es reemplazada por producto terminado y el proceso de manufactura es reemplazado por un proceso de cumplimiento de pedidos de los clientes que incluye la preparación de la orden, la asignación de la orden a una ruta de entrega y la posterior entrega del mismo.

Para el caso de Unilimpio, la segmentación de los productos puede realizarse en base al criterio de Valor Monetario Anual (en inglés ADV por “Annual Dollar Value”) propuesto por Stevenson (548, 2007). Este criterio considera la inversión anual en inventario que realiza la empresa por cada artículo. La medida ADV contempla tanto el volumen de ventas como el valor del inventario de la siguiente manera:

$$ADV = D \times c \quad (4.1)$$

Donde:

ADV es el valor monetario anual del producto

D es la demanda anual del producto

c es el costo unitario del producto

A manera de ilustración, se realiza el análisis ABC con el criterio ADV para los artículos que presentaron ventas durante el año 2007 (ver Anexo 2). Se identifican 33 artículos (3% del número total de artículos) que representan el 70% del ADV total. Esto implica que la empresa destinó en el año 2007 cerca de USD 16'000.000 para la adquisición de estos productos. Es importante notar que esta inversión no incluye costos de manejo de dichos inventarios si no únicamente el valor comercial de los mismos. Estos 33 artículos conforman la categoría A ó “muy importantes”. De manera análoga, se identifican 54 artículos B ó “medianamente importantes” (6% del número total de artículos) que representan un 15% adicional (alrededor de USD 3'300.000) del ADV total. Los artículos restantes (892 artículos) conforman la categoría C ó “poco importantes” y representan únicamente el 15% (cerca de USD 3'500.000) del ADV total.

Es importante acotar que el análisis debe basarse en SKU's y no en los artículos individualmente codificados dentro de la base de datos de la empresa. Por

ejemplo, el SKU 600000 presentado en el Anexo 2 es en realidad el resultado de unificar varios artículos codificados individualmente por la empresa: 600000, 600000-1, 600000-2 y 600000N. El artículo 600000 corresponde a la venta unitaria del producto “P.H.JUMBO ELITEx250m.2H” mientras que el artículo 600000N corresponde a la venta en cajas de 6 unidades del mismo producto. Por otro lado, los artículos 600000-1 y 600000-2 corresponden a la venta del mismo producto en paquetes por una y dos unidades respectivamente, con empaque especial para ciertos clientes (Conversación personal con Emilio Filbig C., Jefe de Compras de Unilimpio S.A., 2008). A pesar de que la empresa identifica cada una de las presentaciones con códigos independientes, estos son en realidad el mismo producto. Dado que las unidades de venta no son consistentes entre los artículos 600000, 600000N y 600000-2, es necesario unificarlas bajo una misma unidad. Para el análisis ABC, se agrupó la demanda de todos estos artículos en términos de unidades. Para esto se suma directamente las demandas de los artículos 600000 y 600000-1 (venta unitaria) y se suma las demandas de los artículos 600000-2 y 600000N multiplicadas por 2 y 6 respectivamente. Estos pasos se resumen en la Figura 9 a continuación.

A	C	E	F	G	I	L	M	O
1	SKU	CANTIDADES (unidades de venta)	VENTAS TOTALES (USD)	COSTOS (USD)	Costo Unit. (USD)	Annual Dollar Value (USD)	% del ADV total	Clasificación (ABC)
2	x 600000N	28.032,00	313.887,99	237.985,27	8,49	2664837,26	13%	A
3	x 600000	39.895,00	72.496,21	56.119,74	1,41	101979,41	1%	B
4	x 600000-1	23.094,00	50.253,58	34.952,16	1,51	76057,47	0%	B
5	x 600000-2	1.089,00	4.289,13	3.740,03	3,43	14730,46	0%	C
6	600000	233.359,00	440.926,91	332.797,20	1,43	628813,29	3%	
7	460005	6.886,00	136.576,99	110.936,25	16,11	2200310,65	11%	A
8	873620	6	3.480,00	2.236,51	372,75	1297175,80	7%	A
9	876450	154	15.695,40	11.096,89	72,06	1130974,85	6%	A
10	600017N	7.042,00	118.820,32	66.105,48	9,39	1115403,90	6%	A

Celda E6	=E3+E4+2*E5+6*E2
Celda F6	=SUMA(F2:F5)
Celda G6	=SUMA(G2:G5)
Celda I6	=G6/E6
Celda L6	=F6*16
Celda M6	=L6/\$L\$977
Celda L977	=SUMA(L2:L976)

*Generación propia

Figura 9. Unificación de Varios Artículos Codificados Individualmente Dentro de un Mismo SKU

El mismo procedimiento debe realizarse con cada grupo de artículos que presenten la misma situación. Es importante notar que, de no realizarse esta corrección, se estaría dejando de contemplar una porción considerable de la demanda para el SKU 600000. Por ejemplo, las ventas reducidas del artículo 600000-2 hacen que este se clasifique como artículo clase C por tanto no se lo hubiera tomado en cuenta para la

planificación de la demanda y la oferta a pesar de que forma parte de la demanda total del artículo 600000.

Como punto de partida, se deberían dedicar mayores esfuerzos a la planificación de la demanda y la oferta de los artículos A, dado que estos contribuyen de manera importante a la inversión total en inventarios así como en las ventas de la Empresa. Una situación de sobre abastecimiento o falta de stock de estos artículos representa una pérdida importante de rentabilidad para la Empresa y la cadena de abastecimiento.

Por otro lado, la planificación de la demanda y de la oferta a mediano y largo plazo debe basarse en pronósticos de demanda agregados (por grupos de artículos). De acuerdo a Narasimhan (256, 1996), “la elección de grupos significativos [de productos] requiere de un conocimiento amplio de los productos y de los procesos de fabricación. Los grupos no son necesariamente los mismos que utiliza el departamento de mercadotecnia/ventas o el sistema de control de inventarios”. Por esta razón, para la planificación de la demanda y la oferta a largo plazo, se debe clasificar los artículos de acuerdo a características relevantes comunes tales como precio, proveedor, tiempo de entrega (“lead time”). En este sentido, la clasificación ABC sirve como guía para identificar grupos de productos cuando múltiples artículos con una característica en común son de tipo A o B.

A manera de ilustración, se determinan grupos de artículos para los cuales se debe planificar la demanda y la oferta en base al análisis ABC presentado anteriormente.

La empresa maneja tres grandes categorías de productos: importados, fabricados y locales. La categoría de locales se refiere a todos los productos comprados a proveedores del Ecuador (Conversación personal con Emilio Filbig C., Jefe de Compras de Unilimpio S.A., 2008). Si se observa la clasificación ABC (Anexo 2), es posible constatar que más del 80% de los artículos tipo A corresponden a la categoría de importados. Por tanto la planificación de la demanda y la oferta debe enfocarse en esta categoría de productos. Dado que estos productos se obtienen de proveedores internacionales, los costos fijos de ordenar son elevados (en relación al costo de los productos) y los tiempos de entrega son largos. Esto ha provocado que en varias ocasiones la empresa decida sobreabastecerse de este tipo de productos con el fin de no afectar el nivel de servicio (Conversación personal con Emilio Filbig C., Jefe de Compras de Unilimpio S.A., 2008). Dentro de la categoría de productos importados se pueden identificar grupos de productos en función del origen de los mismos (proveedor) o el tipo de producto. La Tabla 2 presenta

los grupos de productos identificados en función de las características antes mencionadas. En la Tabla 2 se indica también los SKU 's incluidos en el grupo así como la característica en común utilizada para agruparlos. Los grupos 1 al 4 identifican artículos que tienen un impacto significativo en la rentabilidad de la empresa y que provienen de un mismo proveedor. Teniendo en cuenta los altos costos de ordenar, resulta evidente que se deben coordinar las órdenes de estos productos con el fin de minimizar el costo total de ordenar y manejar inventarios. Como se verá más adelante en el Capítulo 6, el establecimiento de políticas de inventario adecuadas permite alcanzar la coordinación requerida. Finalmente, el grupo 5 se obtiene al identificar productos con características y especificaciones iguales. En este caso, un mismo producto puede ser adquirido de varias fuentes de abastecimiento (proveedores), por tanto es de interés para la empresa determinar la cantidad que debe ordenar a cada proveedor, de tal forma que se minimicen los costos de abastecimiento a lo largo del horizonte de planeación, teniendo en cuenta cualquier límite de abastecimiento que pueda ser impuesto por los proveedores.

Por otro lado, la empresa también maneja una línea de productos fabricados, para los cuales es necesario planificar al mediano plazo aspectos como tamaño de la fuerza laboral, capacidad de producción e inventario de producto terminado. Como se mencionó en la sección 2.1.4, una herramienta que permite cumplir con este objetivo es la planificación agregada, la cual requiere como entrada un pronóstico agregado de demanda. Dado que la planificación agregada considera costo de materiales de los productos, la segmentación de los productos fabricados debe realizarse en función de su composición química. Volviendo al análisis ABC, se identifican 1 producto clase A y 21 productos clase B de la categoría fabricados, los cuales corresponden a un 23% del total de productos dentro de estas dos clases. En la Tabla 3 se muestran los grupos identificados entre los 22 productos en función de la composición química.

El análisis ABC permite concentrar los esfuerzos en los grupos de productos fabricados más significativos en términos de la inversión anual requerida para satisfacer la demanda. Sin embargo es importante considerar la demanda total de los grupos identificados, de lo contrario se planificaría una capacidad de producción significativamente inferior a la capacidad real requerida. Por ejemplo, para pronosticar la demanda del grupo Cloro, se debe considerar la demanda de los SKU's 020211 y 10304, así como cualquier otro SKU que forme parte de este grupo.

Dado que la empresa tiene control sobre un rango más amplio de funciones de la cadena de abastecimiento, la planeación adecuada de la demanda y oferta de estos grupos de productos fabricados es necesaria para lograr un incremento significativo en la eficiencia de toda la cadena.

Tabla 2. Grupos de Productos Importados Mediante el Análisis ABC y la Identificación de Características Comunes

Grupo	SKU's	Clasificación del Producto	Característica Común
1	600000	A	Proveedor (Protisa - Chile)
	600001N	A	
	600018N	A	
	970551	A	
	600650N	A	
2	600015N	A	Proveedor (PQP - Colombia)
	460005	A	
	460020	A	
	460060	A	
	460062	A	
3	460012	B	Proveedor (TTS - Italia)
	873620	A	
	876450	A	
	873450	A	
	8736549	A	
	8736509	A	
	873130	A	
	8766549	A	
	8716450	A	
4	8766450	A	Proveedor (Bobson - Taiwan)
	876185	B	
	970006	A	
	970001	A	
	970003	A	
	970002	A	
5	970011	B	Tipo de Producto
	970004	B	
5	600000N	A	Tipo de Producto
	600012	A	

Tabla 3. Agrupación de Productos Fabricados en Función de la Composición Química

Grupo	SKU's	Clasificación del Producto	Tipo
1	10311	A	Desengrasante Industrial
	020229	B	
	10301	B	
2	020211	B	Cloro
	10304	B	
3	020057	B	Desinfectante de Pisos
	10078	B	
	10070	B	
	10075	B	
	20060	B	
4	10303	B	Ambiental
	10012	B	
	10017	B	
	20009	B	
	10016	B	
	20004	B	

4.3. Determinación de Unidades y Dimensiones de Tiempo

Una vez establecido el objetivo para realizar pronósticos de demanda y teniendo claro qué se debe pronosticar (grupos de artículos y artículos individuales), es posible establecer unidades y dimensiones de tiempo. Los pronósticos para planificación de la demanda y la oferta deben realizarse en términos de unidades de venta, sean estas unidades, paquetes o cajas. Es importante que se establezca claramente la unidad de medida que se utiliza por pronóstico (sea individual o agregado) y que esta unidad seleccionada sea consistente con la base de datos históricos utilizada para desarrollar el pronóstico (Narasimhan et. al. 48, 1996). Sin embargo, la gerencia puede encontrar útil un pronóstico en términos monetarios con el fin de realizar una planificación financiera (Stevenson 70, 2007). Es posible convertir un pronóstico en unidades de venta en uno en términos monetarios si se multiplica el valor pronosticado de unidades de venta por el costo unitario (o costo unitario promedio para el caso de pronósticos agregados).

Los productos importados se deben pronosticar en unidades de venta. En el caso de los productos fabricados, se debe tener en cuenta que dentro de cada grupo se encuentran productos de diferentes presentaciones y aromas. Por ejemplo, el grupo de “Desinfectantes” se compone de artículos de diferentes presentaciones (1 litro, 2 litros, 1 galón, caneca de 20 Kg.) y de diferentes aromas (manzana, eucalipto, entre otros) (Conversación personal con Emilio Filbig M., Gerente de Comercialización de Unilimpio S.A., 2008). Por lo tanto, es necesario encontrar una unidad de venta común a todos los artículos dentro del grupo. Teniendo en cuenta que la empresa costea sus productos fabricados en función de 100 Kg. de producción (Conversación personal con Emilio Filbig M., Gerente de Comercialización de Unilimpio S.A., 2008), resulta factible realizar los pronósticos de demanda de los productos fabricados en términos de Kg.

Adicionalmente, la empresa debe asegurarse que los datos históricos utilizados para realizar los pronósticos representen demanda y no únicamente ventas (Chopra y Meindl 188, 2007). En este sentido, se debe determinar un método efectivo para registrar ventas perdidas por falta de stock. Estas ventas perdidas deben aumentarse a la información de ventas con el fin de obtener la demanda para un artículo o grupo de artículos.

Con respecto a las dimensiones de tiempo, se debe establecer claramente los siguientes aspectos:

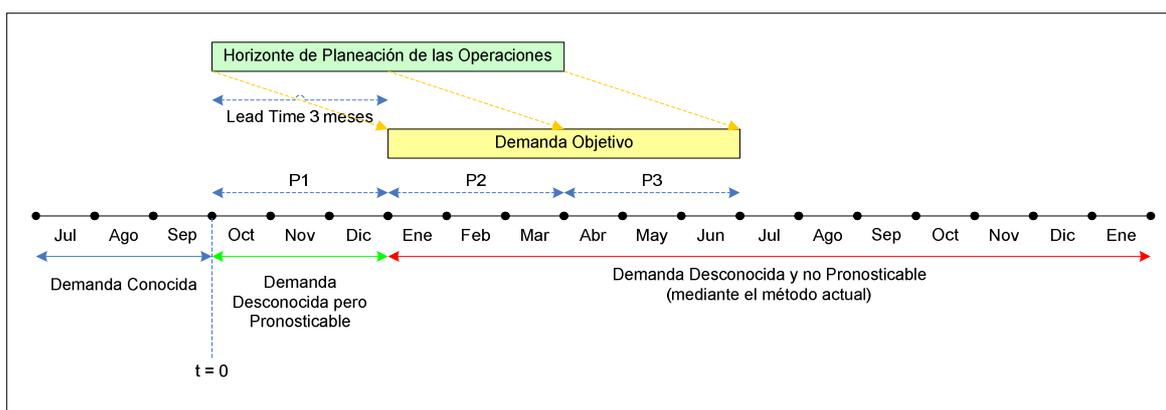
- Cuándo se desarrollan los pronósticos para el siguiente horizonte de planeación.

- Cuál es el horizonte de planeación, es decir, el lapso de tiempo dentro del cual los pronósticos van a proporcionar información para la toma de decisiones.
- Cuál es la frecuencia de los períodos contemplados dentro del horizonte de tiempo.
- Con qué frecuencia se deben revisar los pronósticos para dar seguimiento del error de pronóstico.
- Con que frecuencia se deben revisar (volver a correr) los modelos de planeación para los cuales se realiza el pronóstico.

Es importante que los pronósticos de demanda se revisen de manera permanente a medida que nueva información de demanda se vuelve disponible (Chopra y Meindl 211, 2007). Esto permite a la empresa detectar y reaccionar de manera oportuna frente a cambios en el mercado y ahorrar en costos relacionados a una respuesta tardía a dichos cambios, como por ejemplo, abastecimientos de emergencia o pérdida de ventas (Chopra y Meindl 211, 2007). Siempre que el error de pronóstico se mantenga dentro del rango histórico de estimaciones, la empresa puede continuar usando el método actual de pronóstico (Chopra y Meindl 203, 2007). Una estimación del error que se encuentra por fuera del rango histórico es una señal de que pueden haberse dado cambios en el mercado que afectaron la demanda, y por lo tanto el método actual ya no es efectivo para predecirla (Chopra y Meindl 203, 2007).

Por otro lado, se deben tener en cuenta los tiempos de reposición de proveedores para establecer la fecha de inicio para la realización de pronósticos. Esto se hace evidente si se observa, por ejemplo, el tiempo de reposición más largo que la Empresa enfrenta (ver sección 3.3). Es claro que el pronóstico de demanda para el presente período debe haberse realizado al menos con 3 meses de anticipación. De lo contrario, el valor de la información proporcionada por el pronóstico es nulo ya que la empresa no tiene el tiempo suficiente para preparar el abastecimiento. Adicionalmente, un tiempo de reposición largo implica que la Empresa debe pronosticar la demanda de varios períodos en el futuro con menos datos históricos disponibles. En este sentido, la frecuencia de los períodos dentro del horizonte de planeación también depende del método de pronóstico que se use, dado que ciertos métodos como media móvil o suavizamiento exponencial simple sólo son capaces de pronosticar un período en el futuro. Por último, como se mencionó en la sección 4.1, los pronósticos de demanda son la entrada para realizar la planificación de la oferta. Por lo tanto, el horizonte de planeación así como la frecuencia de los períodos dentro del mismo dependen de los requerimientos del método de planificación

seleccionado. Estas consideraciones se ilustran en la Figura 10 para el problema de planificar, en el tiempo $t = 0$, las políticas de inventario (operaciones) para el primer semestre del siguiente año (enero a junio), con una frecuencia de períodos trimestral y considerando un tiempo de reposición de 3 meses. También se supone que el método de pronóstico que mejor se ajusta a la serie de tiempo de la demanda es capaz de pronosticar únicamente un período en el futuro.



*Generación propia

Figura 10. Influencia del Tiempo de Reposición y Técnica de Pronóstico en la Definición de Dimensiones de Tiempo para Pronósticos

Un aspecto importante que se observa en la Figura 10, es que las políticas de inventario se fijan en función de la Demanda Objetivo, la cual ocurre tres meses después. Sin embargo, dado el tiempo de reposición de 3 meses, dichas políticas deben ejecutarse inmediatamente después de la planeación, es decir durante el Horizonte de Planeación de las Operaciones. En otras palabras, las operaciones que se planifican y ejecutan desde $t = 0$ hasta $t = 6$ (1 semestre) permiten responder a la demanda que se observa de enero a junio. Otro aspecto importante a notar es que, al momento de realizar la planificación (en el tiempo $t = 0$), el método de pronóstico permite únicamente estimar la demanda del trimestre inmediato (denominado P1) dada la información de demanda conocida. Sin embargo, la planificación requiere el pronóstico de demanda de los dos trimestres subsecuentes (denominados P2 y P3). Evidentemente, este problema se soluciona si el método de pronóstico permite estimar la demanda de varios períodos en el futuro.

La situación contemplada en la Figura 10 pone en evidencia el beneficio de implementar tecnología de información para realizar los pronósticos. La mayoría de paquetes informáticos para la realización de pronósticos (incluidos en ERP's o en software de administración de la cadena de abastecimiento) disponen de múltiples modelos de pronóstico, algunos muy sofisticados (Chopra y Meindl 210, 2007). Por último, la Figura

10 también refleja la importancia de trabajar junto con los proveedores para reducir los tiempos de reposición con el fin de mejorar la precisión de los pronósticos de demanda (Chopra y Meindl 211, 2007).

Como síntesis de esta sección, se definen para el caso de Unilimpio las unidades y dimensiones de tiempo como se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Definición de Dimensiones de Tiempo para la Planificación de la Demanda

Propósito	Planificación de capacidad de producción (Productos fabricados)	Planificación de fuentes de abastecimiento (Productos importados)	Establecimiento de políticas de inventario (Productos Importados)
Unidad de Pronóstico	Kg	Unidades	Unidades
Tiempo de Reposición más largo a considerarse	45 días para algunas materias primas críticas (ej. Hipoclorito de sodio) (Conversación personal con Dra. Cristina Proaño, Jefe de Planta de Unilimpio S.A.)	3 meses	3 meses
Método seleccionado de planificación	Planificación Agregada (Chopra y Meindl 224): requiere estimación por periodos de demanda de un producto	Asignación de demanda (Chopra y Meindl 132): requiere una estimación de la demanda anual de un mercado por un artículo	Modelo de orden conjunta de multiples articulos (chopra y Meindl 270): requiere una estimación de la demanda anual por artículo dentro del grupo
Horizonte de tiempo de la planificación	6 meses	6 meses	6 meses
Frecuencia de los periodos	mensual	mensual	mensual
Frecuencia de revisión de los pronosticos (seguimiento del error de pronóstico)	mensual	mensual	mensual
Fecha en que se elabora el pronóstico del siguiente horizonte de planificación (inicio del horizonte de planificación de las operaciones)	inicio mes de octubre	inicio mes de octubre	inicio mes de octubre
Frecuencia de revisión del método de planificación	semestral	semestral	semestral

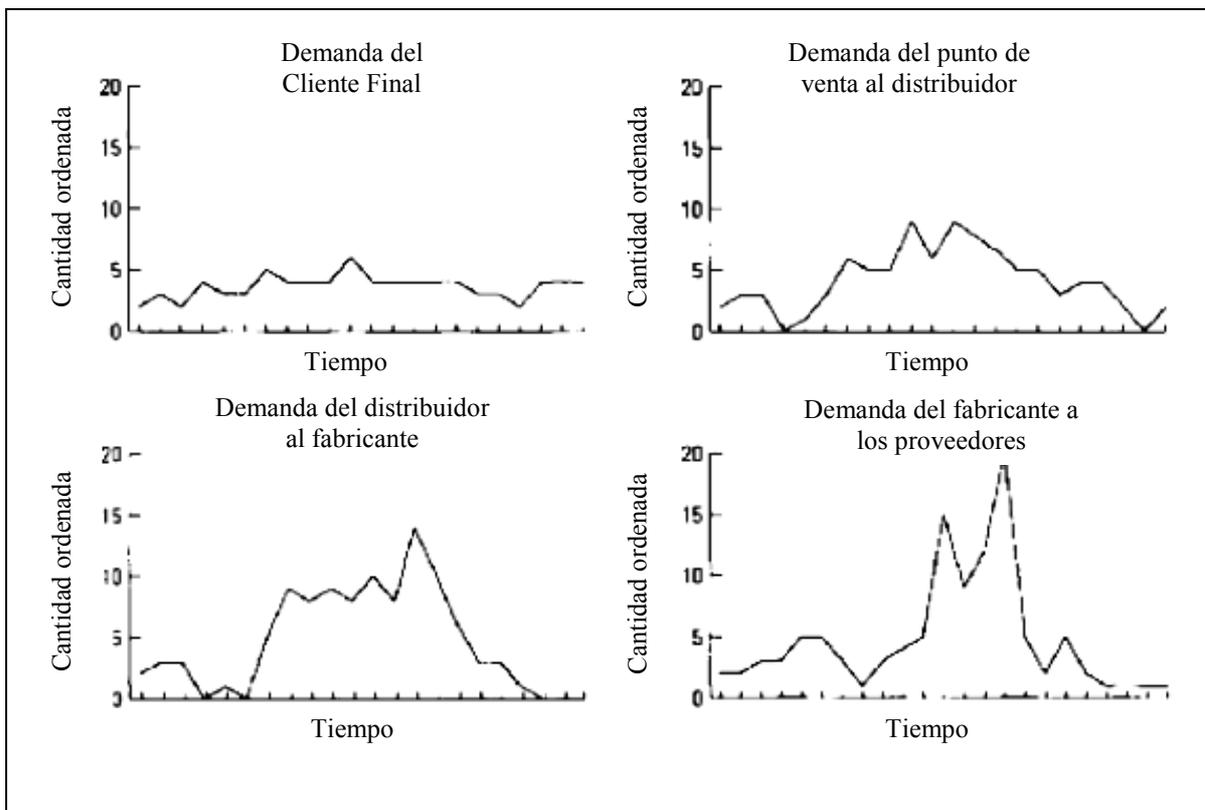
*Generación Propia

4.4. Identificar Segmentos de Mercado

De acuerdo a Chopra y Meindl (193, 2007), “la identificación y comprensión adecuada de los diferentes segmentos que una empresa atiende pueden afectar profundamente la exactitud de los pronósticos de demanda”. Considerando que los clientes dentro de un mismo segmento de mercado tienen un comportamiento de compra (volumen y frecuencia) similar, resulta factible realizar pronósticos de demanda para cada segmento de mercado con el fin de mejorar la precisión de los pronósticos (Chopra y Meindl 193, 2007).

Es importante que se tenga presente la definición de cliente en el marco de la cadena de abastecimiento que se presentó en la sección 2.1.1.2. En el caso de Unilimpio, la segmentación no puede darse a nivel de los clientes directos de la empresa (clientes grandes, distribuidores grandes y pequeños) ya que la demanda de los distribuidores

presenta el efecto de “crema batida” al comprar en grandes cantidades (Hopp y Spearman 612, 2000). Los efectos de crema batida se crean cuando un eslabón de la cadena utiliza la información de demanda de su cliente directo para realizar sus pronósticos (H. L. Lee et al 98, 1997). El efecto se visualiza en la Figura 11 debajo. Los clientes finales exhiben un patrón de demanda estable pero, a medida que se sube a lo largo de la cadena de abastecimiento, los patrones de variación se amplifican y distorsionan lo que resulta en mayores inventarios de los que requiere el cliente final. Dado que el sistema de información de la empresa no permite segmentar la demanda por cliente o tipos de cliente (clientes finales, distribuidores), no es posible identificar directamente el efecto de crema batida. Sin embargo, el comportamiento de compra de la mayoría de distribuidores grandes refleja la existencia del efecto en la cadena de abastecimiento de Unilimpio. Dichos distribuidores emiten grandes pedidos de manera esporádica, lo cual usualmente genera problemas de desabastecimiento y hace más compleja la planificación de los inventarios (Conversación personal con Emilio Filbig M., Gerente de Comercialización de Unilimpio S.A., 2008).



* Lee et al. 94, 1997.

Figura 11. Incremento en la Variabilidad de la Demanda hacia Arriba de la Cadena

En este sentido, la empresa debe tener acceso a la información de demanda del cliente final con el fin de realizar una segmentación efectiva del mercado y mejorar la precisión de los pronósticos. Esto se puede conseguir si los distribuidores comparten con la empresa la información de sus ventas a clientes finales. Una manera de lograr este objetivo es incluyéndolo como un requisito en contratos de representación o distribución, e implementando tecnología de información a nivel de distribuidores que permita el flujo de información de ventas, en tiempo real, desde el cliente final hasta la Empresa (Lee et. al. 93, 1997).

4.5. Determinación del Método de Pronóstico

En la sección 2.2.4 se estableció que el método de pronósticos basado en series de tiempo es el más sencillo y rápido de implementar cuando existen datos históricos de demanda disponibles. La selección de un modelo específico de pronóstico depende de los patrones que se observen en la serie de tiempo (Chopra y Meindl 190, 2007). La Figura 12 clasifica algunos de los modelos de pronóstico más básicos en función de los patrones observables en la demanda. Algunos de estos ya fueron presentados en la sección 2.2.5 mientras que los modelos de Croston (Croston 291, 1972) y Suavizamiento Exponencial Doble (Narasimhan et. al. 54, 1996) se introducen en esta sección.

Una vez determinado el modelo de pronóstico más adecuado para el patrón de demanda observado, éste debe adecuarse a los datos de demanda históricos disponibles. Esto se logra estimando los valores para los parámetros que componen el modelo de pronóstico en base al criterio de minimizar el error total de pronóstico. Por ejemplo, en el caso del suavizamiento exponencial simple es necesario estimar el valor del parámetro de suavizamiento α . De acuerdo a Chopra y Meindl (200, 1997), la selección de un valor grande para α proporciona al modelo una mayor sensibilidad a datos de demanda más recientes mientras que en contraste, un valor pequeño de α proporciona al modelo mayor suavizamiento y menor sensibilidad a los datos de demanda más recientes.

Dada la gran cantidad de pronósticos (a nivel de grupo de artículos y artículos individuales) que se deben realizar, resulta impráctico efectuar los cálculos correspondientes de manera manual. Paquetes informáticos como ERP's (SAP®, J.D.Edwards®), software para la planificación de la cadena de abastecimiento (i2®) o Sistemas Avanzados de Planificación (INFORM add ONE®) permiten aplicar múltiples modelos de pronóstico para diferentes series de tiempo, así como determinar el modelo de pronóstico y estimar los parámetros respectivos más adecuados de acuerdo al patrón de

demanda observada (Chopra y Meindl 210, 2007). En la actualidad, la empresa no dispone de este tipo de paquetes informáticos sin embargo se encuentra en el proceso de selección de una nueva herramienta informática que permita agilizar sus operaciones (Conversación personal con Julieta Carchi, Gerente General de Unilimpio S.A., 2008).

Método de Pronóstico	Patrón observable	Ilustración
Media móvil (MM) *	Solo Nivel	
Suavizamiento Exponencial Simple (SES) *		
Suavizamiento Exponencial Doble (DES)**	Tendencia lineal	
Modelo de Holt-Winters *		
Modelo de Croston ***	Demanda intermitente	

* Chopra y Meindl 198, 2007

** Narasimhan et. al. 54, 1996

***Croston, 291, 1972

1 Weiler, A. Inventory Optimization: Better Inventory Management Through Forecasting and Planning. INFORM GmbH. 2007.

<<http://www.ciltuk.org.uk/download/vmiaddone.pdf>>

2 Generación propia

Figura 12. Clasificación de Varios Modelos de Pronóstico en Función del Patrón Observable en la Demanda

Adicionalmente, Makridakis y Hibon (459, 2000) sugieren verificar el desempeño “post-muestra” del modelo de pronóstico seleccionado, es decir determinando el error de pronóstico generado a partir de datos históricos de demanda que no han sido utilizados para desarrollar el modelo de pronóstico.

A continuación se ejemplifica el proceso completo para realizar pronósticos de demanda mediante el uso de las herramientas para análisis de series de tiempo disponibles en el paquete informático Minitab®. El ejemplo supone que durante la primera

semana del mes de octubre se desea realizar la planificación de la demanda y la oferta para el primer semestre del siguiente año.

Se busca pronosticar la demanda de los artículos del grupo 1 (ver Tabla 2) con el fin de planificar la demanda y la oferta de los mismos. Como se mencionó en la sección 4.2, este grupo de artículos comparte un mismo proveedor, por lo que es necesario realizar pronósticos de demanda individuales para establecer políticas de inventario que permitan coordinar las órdenes de estos productos. Para empezar, se selecciona el SKU 600000. Después de transformar la base de datos para obtener la demanda completa de este SKU (de la misma forma que se hizo en la sección 4.2) y adicionar la demanda no satisfecha (ventas perdidas), se obtiene la demanda mensual del artículo, la cual se muestra en la Tabla 5. La Figura 13 ilustra la serie de tiempo mensual correspondiente.

Tabla 5. Demanda Histórica Mensual en Unidades para el Artículo

Periodo	Mes	Demanda (Dt)	Periodo	Mes	Demanda (Dt)
1	ene-06	5849	16	abr-07	21645
2	feb-06	9445	17	may-07	22299
3	mar-06	18812	18	jun-07	21950
4	abr-06	14473	19	jul-07	20455
5	may-06	18691	20	ago-07	19288
6	jun-06	25477	21	sep-07	24960
7	jul-06	18928	22	oct-07	25806
8	ago-06	21374	23	nov-07	16173
9	sep-06	19638	24	dic-07	19664
10	oct-06	18416	25	ene-08	34787
11	nov-06	16957	26	feb-08	22454
12	dic-06	14449	27	mar-08	28710
13	ene-07	23905	28	abr-08	32172
14	feb-07	21495	29	may-08	27516
15	mar-07	18790	30	jun-08	22068

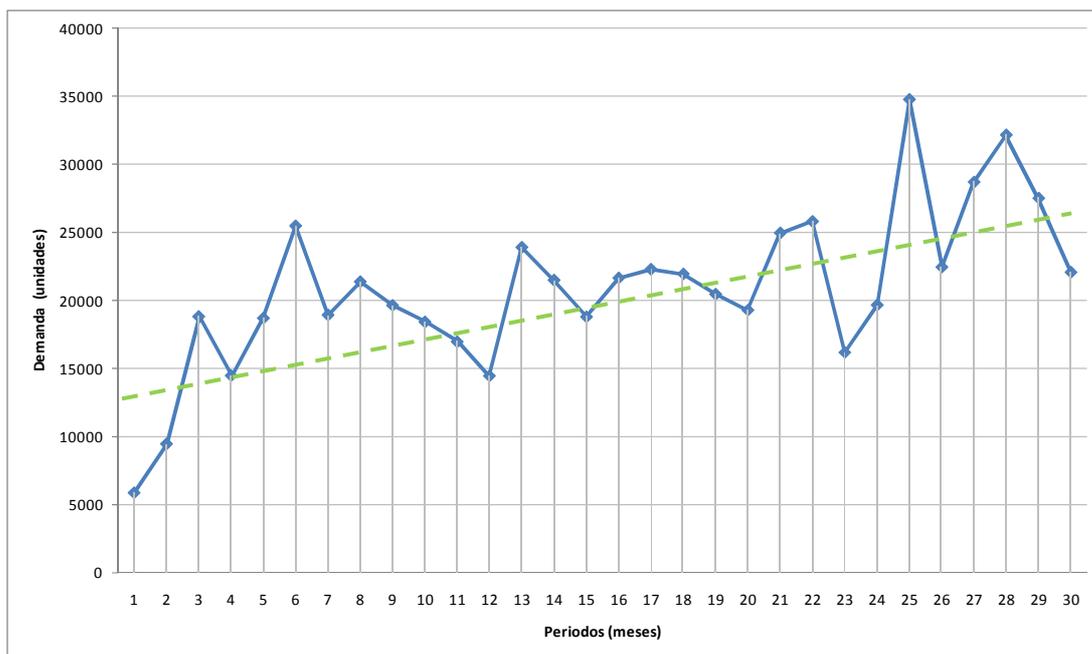


Figura 13. Demanda Histórica Mensual (en Unidades) para el Artículo 600000

Si se observa la serie de tiempo mostrada en la Figura 13, y se compara con los patrones identificados en la Figura 12, es posible reconocer una tendencia creciente en la demanda del artículo en cuestión (ver línea punteada en Figura 13). Por tanto, de acuerdo a las Figura 12 y 13, resulta razonable elegir al modelo de Suavizamiento Exponencial Doble (SED) como un modelo adecuado para realizar el pronóstico. En caso de que existiera estacionalidad en la demanda, el modelo de Holt-Winters (HW) podría resultar conveniente. Con el fin de comparar el desempeño de ambos modelos, se asume que existe estacionalidad en la demanda de 12 periodos dada la frecuencia mensual de la información. Mediante Minitab® se realizan los cálculos necesarios para aplicar ambos modelos a la serie de tiempo mensual. Se reservan los datos de demanda del primer semestre del 2008 como serie de prueba, la cual permitirá evaluar el error de pronóstico “post-muestra” generado por los modelos.

Las Figuras 14 y 15 muestran el output de Minitab® para la aplicación de los modelos antes mencionados. A partir de los datos de demanda históricos disponibles, el modelo SED genera un MAPE del 24% con parámetros α (nivel) y γ (tendencia) de 0,808 y 0,01 respectivamente; el modelo HW por otro lado, genera un MAPE de 17% con parámetros α (nivel), γ (tendencia) y δ (estacionalidad) de 0,2. El modelo que parece minimizar el error de pronóstico a partir de los datos históricos de demanda disponibles y los parámetros seleccionados es HW.

Una vez que se tiene seleccionado un método potencial de pronóstico, es recomendable validar su desempeño “en tiempo real”, determinando el error de pronóstico generado a partir de datos de demanda que no han sido utilizados para ajustar el modelo (Makridakis y Hibon 459, 2000). La validación “post-muestra” de los modelos antes mencionados se presenta en las Tabla 6 y 7. Dicha validación indica que el modelo HW sigue siendo más efectivo para pronosticar la demanda futura ya que el MAPE generado para los 6 períodos de prueba (enero a junio de 2008) es de 22,9% frente 24,4% del modelo SED. Este tipo de validación es importante ya que permite determinar el modelo que más se ajusta al comportamiento de la demanda observada, así como determinar si este modelo es capaz de representar la demanda futura adecuadamente.

Double Exponential Smoothing for Demanda (Dt)

Data Demanda (Dt)
Length 24

Smoothing Constants

Alpha (level) 0,808465
Gamma (trend) 0,010000

Accuracy Measures

MAPE 24
MAD 3620
MSD 21738226

Forecasts

Period	Forecast	Lower	Upper
25	19717,5	10848,3	28586,7
26	20025,6	8063,1	31988,1
27	20333,7	5050,0	35617,3
28	20641,8	1930,1	39353,4
29	20949,9	-1247,2	43147,0
30	21258,0	-4458,6	46974,6

Figura 14. Output de Minitab® (resumido) para la Aplicación del Modelo Suavizamiento Exponencial Doble (SED) a la Demanda Mensual del Artículo 600000 y Pronóstico para los Sigüientes 6 Períodos

Winters' Method for Demanda (Dt)

Additive Method

Data Demanda (Dt)
Length 24

Smoothing Constants

Alpha (level) 0.2
Gamma (trend) 0.2
Delta (seasonal) 0.2

Accuracy Measures

MAPE 17
MAD 2945
MSD 12357446

Forecasts

Period	Forecast	Lower	Upper
25	20079.0	12863.1	27294.9
26	20241.9	12913.0	27570.9
27	23131.6	15676.6	30586.6
28	22290.7	14697.3	29884.1
29	24451.2	16707.7	32194.7
30	27381.4	19476.7	35286.0

Figura 15. Output de Minitab® (resumido) para la Aplicación del Modelo Holt-Winters (HW) a la Demanda Mensual del Artículo 600000 y Pronóstico para los Sigüientes 6 Períodos

Tabla 6. Medición del Desempeño “Post Muestra” del Modelo SED

SED							
Periodo (t)	Mes	Demanda (Dt)	Pronóstico (Ft)	Error (Et)	Error Absoluto (At)	% Error	MAPEt
22	oct-07	25806					
23	nov-07	16173					
24	dic-07	19664					
25	ene-08	34787	19,718	-15,070	15070	43.3%	43.3%
26	feb-08	22454	20,026	-2,428	2428	10.8%	27.1%
27	mar-08	28710	20,334	-8,376	8376	29.2%	27.8%
28	abr-08	32172	20,642	-11,530	11530	35.8%	29.8%
29	may-08	27516	20,950	-6,566	6566	23.9%	28.6%
30	jun-08	22068	21,258	-810	810	3.7%	24.4%

Tabla 7. Medición del Desempeño “Post Muestra” del Modelo HW

HW							
Periodo (t)	Mes	Demanda (Dt)	Pronóstico (Ft)	Error (Et)	Error Absoluto (At)	% Error	MAPEt
22	oct-07	25806					
23	nov-07	16173					
24	dic-07	19664					
25	ene-08	34787	20,079	-14,708	14708	42.28%	42.3%
26	feb-08	22454	20,242	-2,212	2212	9.85%	26.1%
27	mar-08	28710	23,132	-5,578	5578	19.43%	23.9%
28	abr-08	32172	22,291	-9,881	9881	30.71%	25.6%
29	may-08	27516	24,451	-3,065	3065	11.14%	22.7%
30	jun-08	22068	27,381	5,313	5313	24.08%	22.9%

Cabe mencionar que ni la cantidad y ni la calidad de la información utilizada para realizar el análisis precedente son ideales: la poca cantidad de datos no permite visualizar con facilidad patrones en la demanda (por ejemplo estacional), así como determinar una medición significativa del error de pronóstico “Post Muestra”; además, se utilizó la información de ventas directas de la empresa más no la información de demanda del cliente final, por tanto las variaciones observadas en el patrón de demanda se encuentran amplificadas a causa del efecto de “crema batida” como se describió en la sección 2.2.2 y en la sección 4.4.

En este sentido, es posible lograr importantes mejoras en la precisión de cualquier modelo de pronósticos escogido si se mejora la calidad de la información de demanda, de la misma manera que se discutió en la sección anterior (ver 4.4).

Una vez determinado el método de pronóstico que mejor describe el comportamiento de la demanda para el artículo bajo estudio, se procede a realizar el pronóstico de la demanda trimestral con el fin de establecer las políticas de inventario

necesarias. Como se estableció en la sección 4.3, se requiere realizar el pronóstico de 9 períodos en el futuro debido al tiempo de reposición de 3 meses que se maneja para este artículo (ver Figura 10). Dado que al momento de realizar el presente ejemplo no se dispone aún de la información de demanda real para el tercer trimestre del 2008, se requiere realizar el pronóstico de 12 períodos en el futuro. Cabe reiterar que, si la planificación se realiza durante la primera semana de Octubre, la demanda para el tercer trimestre del año ya es conocida y por tanto solo se requiere pronosticar la demanda de 9 períodos en el futuro. La Figura 16 a continuación muestra el output de Minitab® para el pronóstico de demanda de 12 períodos en el futuro del artículo 600000 mediante el método de HW.

Winters' Method for Demanda (Dt)			
Additive Method			
Data	Demanda (Dt)		
Length	30		
Smoothing Constants			
Alpha (level)	0.2		
Gamma (trend)	0.2		
Delta (seasonal)	0.2		
Accuracy Measures			
MAPE	20		
MAD	3477		
MSD	20264041		
Forecasts			
Period	Forecast	Lower	Upper
31	27372.9	18853.5	35892.2
32	27874.4	19221.5	36527.2
33	29864.7	21063.1	38666.4
34	29578.0	20613.0	38543.1
35	23791.2	14649.0	32933.5
36	24278.6	14946.1	33611.0
37	31858.4	22323.5	41393.4
38	27410.6	17661.8	37159.5
39	31516.8	21543.3	41490.4
40	32248.9	22040.6	42457.2
41	31930.0	21477.7	42382.3
42	31907.5	21202.4	42612.6

Figura 16. Output de Minitab® (resumido) para Pronóstico de Demanda de 12 Periodos en el Futuro del Artículo 600000 Mediante el Modelo Holt-Winters.

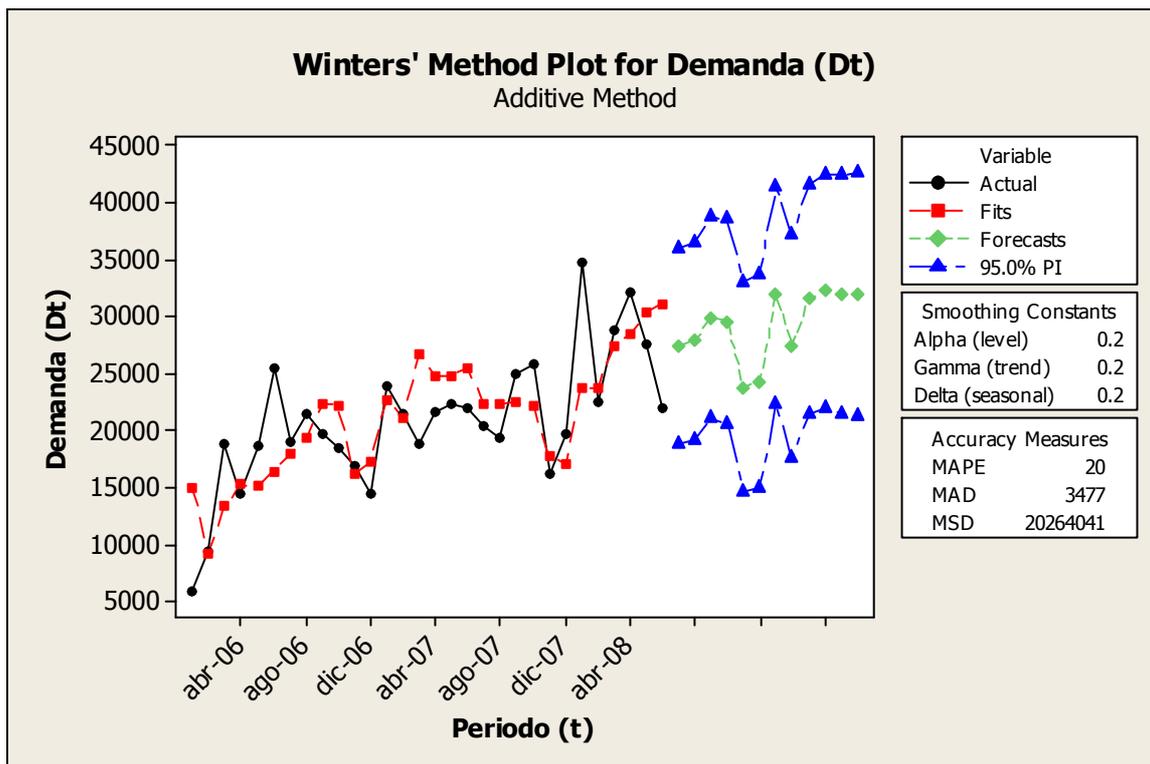


Figura 17. Gráfico de Minitab® para Demanda Conocida y Pronóstico Generado Mediante el Modelo Holt-Winters.

La demanda observada, así como el pronóstico generado mediante HW para los meses de Julio 2008 hasta Junio 2009 se muestran en la Figura 17 arriba. El dato de demanda total requerido por el modelo de planificación de políticas de inventario se obtiene al sumar el valor pronosticado para los períodos 37 en adelante, que corresponden a la demanda objetivo pronosticada para los meses de enero de 2009 a Junio de 2009. La demanda objetivo es por tanto de 186.872 unidades del artículo 600000.

Se debe tener en cuenta que hasta el momento sólo se han obtenido estimaciones de la demanda futura del artículo en base al comportamiento histórico de la demanda. Estas estimaciones son válidas si se mantiene el status quo de todos los factores que influyen la demanda, tanto internos a la empresa (esfuerzos de ventas y marketing) como externos (situación del mercado, la competencia, entre otros). Como se verá en la siguiente sección, un pronóstico cuantitativo es susceptible de mejorar sustancialmente si se incorpora información cualitativa (Chopra y Meindl 189, 2007).

4.6. Factores que Influyen en la Demanda

Una vez determinada la demanda futura en base a los datos históricos (pronóstico cuantitativo), se debe revisar el pronóstico en base a los factores que afectan la

demanda del artículo. El objetivo es incorporar en el pronóstico información cualitativa que no se puede obtener mediante el análisis de los datos históricos (Chopra y Meindl 189, 2007). Chopra y Meindl (189, 2007) y Stevenson (71, 2007) mencionan algunas fuentes de información cualitativa que pueden consultarse con el fin de revisar los pronósticos cuantitativos. Las más relevantes se resumen a continuación:

- Planes de publicidad y marketing, incluyendo el lanzamiento de nuevos productos y su influencia en la demanda de otros productos, promociones, estrategias de precios, entre otros.
- Planes de ventas, incluyendo un análisis de las potenciales licitaciones que se pueden ganar. Esto aplica a clientes especiales como los gubernamentales. para los cuales se debe ganar una licitación antes de que se realice la venta.
- Planes de la competencia, incluyendo lanzamiento de nuevos productos, promociones planificadas, políticas de precios entre otros.
- Situación económica y política.
- Encuestas a clientes o investigaciones de mercado. Sin embargo se debe considerar que este tipo de estudios pueden ser costosos y complejos de realizar.

El efecto de estos factores en los pronósticos de demanda obtenidos debe ser discutido y analizado por una mesa de trabajo multifuncional cada vez que se realicen los pronósticos (mes de octubre) y cada vez que se observe un cambio drástico en la demanda a través del seguimiento mensual del error de pronóstico (esto se trata en la siguiente sección). En principio, la mesa de trabajo debe componerse de Jefes de Área claves de la Empresa así como otros agentes (como por ejemplo distribuidores) los cuales poseen información cualitativa de las fuentes definidas anteriormente. Tomando en cuenta el organigrama actual de la empresa, la mesa se debe conformar por los siguientes recursos:

- Gerencia General, quien puede proporcionar información financiera y sobre la situación de la economía.
- Gerente de Comercialización, quien debe proporcionar información relativa a planes de marketing e introducción de nuevos productos.
- Gerente de Ventas, el cual debe proveer retroalimentación de la información obtenida de clientes actuales, clientes potenciales y distribuidores (locales y de provincia).
- Jefe de Compras, quien debe proporcionar información relativa a los proveedores como tiempos de reposición, paradas de producción programadas, feriados en los países de origen, entre otras. Adicionalmente, el Jefe de Compras será quien

administre los pronósticos que resulten de la mesa de trabajo mediante el seguimiento del desempeño de los mismos, por tanto resulta conveniente que este recurso participe de la mesa de trabajo.

En la mesa de trabajo se debe llegar a un consenso final sobre la demanda para el período de planeación venidero. Es importante recalcar que, mediante el proceso de revisión de los pronósticos mencionado anteriormente, la empresa se encuentra de hecho planificando la demanda para el próximo horizonte de planeación. A continuación, la empresa planifica de qué manera va a responder a la demanda planificada mediante la planificación de la oferta. En este sentido debe notarse que cualquier desviación de la demanda planificada es perjudicial para la empresa: (1) un incremento inesperado en la demanda (exceso de ventas) generaría una situación de faltantes de stock, lo que al final impacta de manera negativa en la satisfacción del cliente; (2) una demanda inferior a la planificada (falta de ventas) genera una situación de exceso de inventario que impacta negativamente en la situación financiera de la empresa. En el caso de un incremento inesperado en la demanda, la compañía puede contar con un inventario de seguridad que asegure un determinado nivel de servicio. Por otro lado, en caso de que la demanda observada sea significativamente inferior a la pronosticada, la Empresa puede emprender acciones como reducción de precios o promociones con el fin de estimular la demanda.

En el Anexo 3 se muestra un ejemplo de revisión del pronóstico cuantitativo obtenido en la sección 4.5 por parte de la mesa de trabajo multifuncional. Es recomendable que los factores analizados y las conclusiones obtenidas durante la mesa de trabajo se documenten y archiven apropiadamente para futura referencia por parte de cualquier persona que use los pronósticos.

4.7. Vigilar el Desempeño del Pronóstico

Como se mencionó en la sección 4.3, la revisión frecuente de los pronósticos permite a la empresa detectar y reaccionar de manera oportuna frente a cambios en el mercado que afecten la demanda de los productos. Mediante el seguimiento del desempeño del pronóstico, la empresa determina si el método de pronóstico actual está prediciendo el componente sistemático de la demanda de forma adecuada (Chopra y Meindl 203, 2007). Adicionalmente, como se mencionó en la sección 2.1.2.6, el seguimiento del error de pronóstico provee información importante al momento de establecer planes de contingencia (en la forma de stock de seguridad o contratación de capacidad de emergencia). Por tanto el seguimiento del desempeño del pronóstico es una

entrada necesaria para el proceso de planificación de la demanda y la oferta. En general, el seguimiento del desempeño del pronóstico se lo realiza a través de la medición continua del error de pronóstico como se definió en 2.1.2.6.

Es necesario establecer qué medidas del error se deben implementar en la empresa. De manera ideal, tanto los pronósticos como la medida del error de los mismos deben ser comprendidos y manejados por los Gerentes y Jefes de Área de la empresa para la toma de decisiones. De esta manera es factible utilizar MAPE como medida del error de pronóstico ya que esta cuantifica el error como porcentaje de la demanda real y establece el error promedio con cada nueva observación de la demanda real. Se piensa que, en general, es más sencillo comprender un indicador medido como porcentaje que uno cuantitativo como por ejemplo MSE, el cual indica el promedio de los errores elevados al cuadrado. La medida de error MAPE se utilizó anteriormente para determinar el mejor método de pronóstico (ver sección 4.5). Por otro lado, resulta necesario establecer una medida de error que indique claramente cuando el método de pronóstico en uso ya no es efectivo para describir la demanda real de un artículo o grupo de artículos. Entre las medidas de error presentadas en la sección 2.2.6, aquellas que cumplen con este propósito son “Bias” y “Tracking Signal” (TS). Ambas medidas permiten determinar si el actual método de pronóstico sistemáticamente sobre-estima o sub-estima la demanda real observada. Sin embargo, TS depende de otra medida de error definida como desviación absoluta media o MAD mientras que Bias depende únicamente del error de pronóstico E_t como se definió en 2.1.2.6. Por lo tanto, resulta factible implementar Bias con el fin de simplificar y reducir el número de cálculos necesarios para realizar el seguimiento del desempeño de los pronósticos. En la Figura 18 se complementa la medición del error de pronóstico presentada en la Tabla 7 con la medición de Bias, para los mismos períodos de prueba. También se indican los cálculos requeridos para implementar la medición del error mediante hoja de cálculo. La Figura 18 muestra ambas mediciones que se deben implementar en la Empresa con el fin de dar seguimiento al desempeño del pronóstico. El valor de Bias negativo (-30.131) unidades indica que el método de pronóstico elegido se encuentra sub-estimando de manera sistemática la demanda real del artículo 600000. De manera ideal, el valor de Bias debe oscilar alrededor de 0. Esto indica que el método de pronóstico no sub-estima ni sobre-estima la demanda real de manera sistemática. Por tanto el valor de Bias es un indicativo de que los parámetros estimados para el modelo deben

revisarse ya que es posible que el proceso de demanda haya cambiado a partir de los períodos de prueba analizados, así como otros modelos potenciales deberían evaluarse.

	B	C	D	E	F	G	H	I
3					HW			
4	Mes	Demanda (Dt)	Pronóstico (Ft)	Error (Et)	Error Absoluto (At)	% Error	MAPEt	Bias
26	oct-07	25806						
27	nov-07	16173						
28	dic-07	19664						
29	ene-08	34787	20,079	-14,708	14708	42.28%	42.3%	-14708
30	feb-08	22454	20,242	-2,212	2212	9.85%	26.1%	-16920
31	mar-08	28710	23,132	-5,578	5578	19.43%	23.9%	-22499
32	abr-08	32172	22,291	-9,881	9881	30.71%	25.6%	-32380
33	may-08	27516	24,451	-3,065	3065	11.14%	22.7%	-35445
34	jun-08	22068	27,381	5,313	5313	24.08%	22.9%	-30131
38								
39								
40								
41								
42								
43								
44								
45								

Celda E29 = D29 - C29
 Celda F29 = ABS(E29)
 Celda G29 = F29/C29
 Celda H29 = PROMEDIO(\$G\$29:G29)
 Celda I29 = SUMA(\$E\$29:E29)

*Generación Propia

Figura 18. Medición del Error de Pronóstico Mediante Hoja de Cálculo

Es importante recalcar que las mediciones del error de pronóstico antes presentadas se enfocan en determinar que tan bueno es el método actual de pronóstico para estimar el componente sistemático de la demanda (Chopra y Meindl 203, 2007). Por lo tanto, MAPE y Bias deben aplicarse al pronóstico cuantitativo mas no al pronóstico revisado en la mesa de trabajo multifuncional. De acuerdo a las dimensiones de tiempo definidas en la sección 4.3., este seguimiento del error de pronóstico se debe realizar mensualmente en base a un pronóstico mensual de la demanda. Esta frecuencia permite un seguimiento más cercano de la misma por lo que se podrían detectar cambios más rápido que con un seguimiento trimestral. Dado la carga operativa que significa hacer el seguimiento de los pronósticos, esta actividad puede ser realizada por el Jefe de Compras o un asistente debidamente entrenado.

Por último, el seguimiento del desempeño de los pronósticos también se debe orientar a la evaluación de la calidad de las correcciones realizadas al pronóstico cuantitativo por la mesa de trabajo multifuncional. Dado que las medidas de error

presentadas anteriormente se enfocan en el desempeño del método de pronóstico cuantitativo, la efectividad de las correcciones realizadas por el factor humano no puede evaluarse en base a dichos indicadores. Para esto es necesario comparar el pronóstico corregido de demanda frente a la demanda real observada y documentar cualquier desviación considerable que se observe, así como las causas de la misma. Este análisis puede realizarse al inicio de cada horizonte de planificación, de forma que las conclusiones obtenidas del mismo, junto con la documentación de desviaciones observadas en períodos anteriores, sirvan como entrada para la revisión del pronóstico bajo estudio. De esta manera se fomenta la construcción de una base de conocimiento para la planificación de la demanda.

5. PLANIFICACIÓN DE LA OFERTA

5.1. Objetivos de la Planificación de la Oferta

Es importante realizar una planificación de la oferta a mediano plazo para un grupo de productos, de modo que se maximice la rentabilidad de la cadena de abastecimiento a la vez que se cumple con la demanda del mercado (Chopra y Meindl 9, 2007). Como se mencionó en la sección 4.1., es de interés para la empresa planificar con anticipación las operaciones relacionadas a los productos importados así como para los fabricados.

En el caso de los productos importados, se debe planificar el abastecimiento desde las diferentes fuentes de provisión disponibles, de modo que se minimicen los costos relacionados a la importación de los productos. Esto es de particular importancia para la empresa cuando un producto posee alternativas de provisión y cuando el proveedor impone restricciones de capacidad de abastecimiento (Conversación personal con Julieta Carchi, Gerente General de Unilimpio S.A., 2008).

En caso de los productos fabricados, la empresa necesita que la planificación proporcione información para la toma de decisiones en torno a los siguientes aspectos (Conversación personal con Julieta Carchi, Gerente General de Unilimpio S.A., 2008):

- Cuáles son los niveles de producción requeridos.
- Cuáles son los niveles de inventario requerido.
- Cuáles son los requerimientos de fuerza laboral adicional.
- Existe o no necesidad de recurrir a horas extras y cuál es la cantidad requerida.

En ambos casos, la maximización de la rentabilidad se logra a través de la minimización de los diferentes costos implicados a lo largo del horizonte de planeación definido en 4.3.

5.2. Planificación de Fuentes de Abastecimiento para Productos Importados

El objetivo de la planificación de fuentes de abastecimiento es encontrar la opción óptima de proveedor que minimice los costos de importación para cada producto que posea la cualidad de ser provisto por más de un proveedor.

Es importante en primera instancia, seleccionar los productos con importancia “A” que posean la opción de tener 2 o más proveedores que puedan ofrecer el producto.

Una vez que los productos que poseen 2 o más proveedores fueron identificados, se utiliza el modelo propuesto por Chopra y Meindl (132, 2007) para la asignación de fuentes de abastecimiento. Para el caso de Unilimpio, el modelo se adapta para considerar únicamente un mercado (Unilimpio Ecuador) y diferentes fuentes de abastecimiento (proveedores). Adicionalmente se descarta el costo fijo de mantener una planta operativa en el modelo original. Este costo no existe cuando en lugar de fábricas se consideran proveedores externos. Por último es importante notar que las alternativas de abastecimiento se deben definir como parte de la etapa de diseño de la cadena de abastecimiento, tal y como se mencionó en la sección 2.1.3. Se supone por tanto que para la ejecución de la planificación de fuentes de abastecimiento, los diferentes proveedores alternativos se encuentran pre-seleccionados y se conocen las restricciones de capacidad de abastecimiento de los mismos.

Se define la siguiente variable de decisión (Chopra y Meindl 132, 2007):

- X_i = Cantidad de producto pronosticada para ordenar al proveedor i

Donde $i = 1, 2, \dots, n$ es el número total de proveedores para el producto

La función objetivo del modelo de decisión es minimizar la suma de los costos relacionados al proceso de abastecimiento que se generan en el horizonte de planeación. Dichos costos son los siguientes (Chopra y Meindl 132, 2007):

- C_i = Costo de producir y enviar una unidad de producto desde el proveedor i a Unilimpio Quito. Este costo incluye costos de producción, inventario y transporte.

Las entradas requeridas para el modelo son las siguientes:

- n , número de proveedores alternativos para un producto específico
- D , demanda total semestral del producto en cuestión
- K_i , capacidad de provisión del proveedor i

De esta manera, la función objetivo del costo total del abastecimiento tiene la siguiente forma:

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^n C_i X_i \quad (5.1)$$

Sujeta a las siguientes restricciones:

- Demanda: Toda la demanda del producto bajo estudio debe ser satisfecha. Esta restricción se representa mediante la siguiente relación.

$$\sum_{i=1}^n X_i = D \quad (5.2)$$

- Capacidad de los proveedores: Un proveedor no puede entregar una cantidad mayor de producto que la capacidad de abastecimiento del mismo. Esta restricción se representa mediante la siguiente relación.

$$X_i \leq K_i \quad \text{para todo } i = 1, \dots, n. \quad (5.3)$$

Cabe mencionar que por cada producto que posea la opción de abastecimiento de 2 o más proveedores se debe correr el modelo, dado que el número de proveedores y los costos de producción y transporte varían.

A continuación se demuestra la metodología para planificar las fuentes de abastecimiento de un producto importado mediante un ejemplo.

Los productos que se consideran para este ejemplo pertenecen al grupo 5, identificado en la sección 4.2 (ver Tabla 2), los cuales son 600000 y 600012. A pesar de estar codificados separadamente, ambos productos presentan características iguales. Si bien en la sección 4.5 se pronosticó únicamente la demanda del artículo 600000, para la planificación de fuentes de abastecimiento se requiere la demanda agregada de ambos productos.

En primera instancia, se tiene la demanda del producto 600000 pronosticada para el primer semestre del año 2009 a partir de la sección 4.5, la cual es de que es de 188.404 unidades. Adicionando el pronóstico de demanda para el artículo 600012 se tiene la demanda agregada para el grupo de productos de 218.404 unidades.

Los datos de capacidad y costos correspondientes a los proveedores potenciales del tipo de producto bajo estudio se presentan en la Tabla 8 a continuación (Conversación personal con Emilio Filbig C., Jefe de Compras de Unilimpio S.A., 2008).

Tabla 8. Costos de los Potenciales Proveedores del Grupo de Productos a Analizar

Proveedores por grupo de productos	Costos de producción y transportación Quito(\$)	Capacidad Mensual (Unidades)
1	1.45	100000
2	1.5	110000
3	1.47	100000

Dados los datos de costos y capacidad de cada proveedor es posible replantear el modelo general para el caso específico del presente ejemplo:

$$\text{Min } Z = 1.45 X_1 + 1.5 X_2 + 1.47 X_3$$

Sujeto a las siguientes restricciones:

$$X_1 + X_2 + X_3 = 218\,404$$

$$X_1 \leq 100\,000$$

$$X_2 \leq 110\,000$$

$$X_3 \leq 100\,000$$

El modelo de programación lineal para la planificación de fuentes de abastecimiento se puede resolver mediante el complemento Solver® de MS Excel®. La resolución del ejemplo se muestra en la Figura 19 a continuación:

Planificación del Abastecimiento de Productos Importados.																																																													
D (demanda del grupo de productos)	218404	unidades																																																											
ki (capacidad del proveedor i)	1	2	3	4	5	6	7																																																						
unidades	100000	110000	100000																																																										
Ci (costo de producir y enviar un producto desde el proveedor i)	1	2	3	4	5	6	7																																																						
USD	1.45	1.5	1.47																																																										
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>Proveedores por grupo de productos</th> <th>Costos de producción y transportación Quito(\$)</th> <th>Costos fijos mensual (\$)</th> <th>Capacidad Mensual (Unidades)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>1.45</td><td>0</td><td>100000</td></tr> <tr><td>2</td><td>1.5</td><td>0</td><td>110000</td></tr> <tr><td>3</td><td>1.47</td><td>0</td><td>100000</td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td><td></td><td>0</td></tr> <tr><td>5</td><td>0</td><td></td><td>0</td></tr> <tr><td>6</td><td>0</td><td></td><td>0</td></tr> <tr><td>7</td><td>0</td><td></td><td>0</td></tr> <tr> <td>Demanda mensual del grupo de productos para Quito</td> <td>218404</td> <td>unidades</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>Proveedores por grupo de productos</th> <th>Quito</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>100000</td></tr> <tr><td>2</td><td>18404</td></tr> <tr><td>3</td><td>100000</td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td></tr> <tr><td>5</td><td>0</td></tr> <tr><td>6</td><td>0</td></tr> <tr><td>7</td><td>0</td></tr> <tr> <td>Suma</td> <td>218404</td> </tr> </tbody> </table>								Proveedores por grupo de productos	Costos de producción y transportación Quito(\$)	Costos fijos mensual (\$)	Capacidad Mensual (Unidades)	1	1.45	0	100000	2	1.5	0	110000	3	1.47	0	100000	4	0		0	5	0		0	6	0		0	7	0		0	Demanda mensual del grupo de productos para Quito	218404	unidades		Proveedores por grupo de productos	Quito	1	100000	2	18404	3	100000	4	0	5	0	6	0	7	0	Suma	218404
Proveedores por grupo de productos	Costos de producción y transportación Quito(\$)	Costos fijos mensual (\$)	Capacidad Mensual (Unidades)																																																										
1	1.45	0	100000																																																										
2	1.5	0	110000																																																										
3	1.47	0	100000																																																										
4	0		0																																																										
5	0		0																																																										
6	0		0																																																										
7	0		0																																																										
Demanda mensual del grupo de productos para Quito	218404	unidades																																																											
Proveedores por grupo de productos	Quito																																																												
1	100000																																																												
2	18404																																																												
3	100000																																																												
4	0																																																												
5	0																																																												
6	0																																																												
7	0																																																												
Suma	218404																																																												
							Z minimizar \$	319606																																																					

Figura 19. Modelo de Planificación de Fuentes de Abastecimiento de Productos Importados

La resolución del modelo proporciona la siguiente información:

- El costo mínimo de aprovisionamiento que permite satisfacer la demanda del tipo de producto bajo estudio es de USD 319.606, el cual se consigue de la siguiente forma:
 - Adquirir 100.000 unidades del Proveedor 1.
 - Adquirir 18.404 unidades del Proveedor 2.
 - Adquirir 100.000 unidades del Proveedor 3.

En el Anexo 4 se incluye la plantilla de MS Excel® utilizada para la resolución del modelo de planificación de fuentes de abastecimiento de productos importados.

5.3. Planificación Agregada de Productos Fabricados

Para la planificación agregada de los productos fabricados se utiliza un modelo de programación lineal basado en el modelo propuesto por Chopra y Meindl (224, 2007) tal como se describe en la sección 2.4.2.3. Para adaptar el modelo a la situación de la empresa se considera que la empresa no pretende adoptar un sistema de nomina flexible dadas las nuevas condiciones legales del país. Además la gerencia busca generar condiciones de trabajo más estables que promueva la fidelidad y la motivación de su recurso humano (Conversación personal con Julieta Carchi, Gerente General de Unilimpio S.A., 2008). Tampoco se considera una opción viable la subcontratación de capacidad de producción ya que esto implicaría compartir con potenciales competidores conocimientos importantes sobre el negocio (como formulaciones, futuros desarrollos, etc.) (Conversación personal con Julieta Carchi, Gerente General de Unilimpio S.A., 2008).

De esta manera las únicas estrategias que pueden utilizarse para responder a la demanda son las siguientes:

- Uso de tiempo regular
- Contratación de personal adicional
- Acumulación de inventario
- Uso de horas extra

Es importante para la gerencia que el número de horas extras incurridas en cada período sea el mínimo posible (Conversación personal con Julieta Carchi, Gerente General de Unilimpio S.A., 2008). Por otro lado, dada la naturaleza competitiva del mercado, no son posibles las entregas tardías para cubrir demanda no satisfecha en el período actual. Por lo tanto, toda la demanda que no se logre cubrir en un período

específico es considerada como ventas perdidas (Conversación personal con Julieta Carchi, Gerente General de Unilimpio S.A., 2008).

De esta manera, se definen las siguientes variables de decisión:

- W_t , tamaño de la fuerza laboral en el período t
- H_t , número de empleados contratados en el período t
- P_t , número de unidades producidas en el período t
- I_t , inventario al final del período t
- O_t , número de horas extra trabajadas en el período t

La función objetivo del modelo de decisión es la de minimizar la suma de los costos incurridos en el horizonte de planeación de un semestre, como se definió en la Tabla 4 de la sección 4.3. Dichos costos son los siguientes:

- r , costo de mano de obra en tiempo regular
- o , costo de horas extra
- h , costo de contratación
- i , costo de inventario (\$/unidad/período)
- m , costo de materiales de producción (\$/unidad)

Por tanto la función objetivo tiene la siguiente forma:

$$\text{Min } Z = \sum_{t=1}^n rW_t + \sum_{t=1}^n oO_t + \sum_{t=1}^n hH_t + \sum_{t=1}^n iI_t + \sum_{t=1}^n mP_t \quad (5.4)$$

Sujeta a las siguientes restricciones:

- Fuerza laboral: La fuerza laboral en cada período t es igual al número de trabajadores contratados en el período t sumado al tamaño de la fuerza laboral en el período $t-1$. Esta restricción se representa mediante la siguiente relación:

$$W_t = W_{t-1} + H_t \quad (5.5)$$

- Capacidad: La capacidad está limitada por el tamaño de la fuerza laboral en el período t . Por lo tanto, la producción en el período t no puede ser mayor al número de unidades producidas por la fuerza laboral en tiempo regular sumado al número de unidades producidas en horas extra. Esta restricción se representa mediante la siguiente relación:

$$P_t \leq \alpha W_t + \beta O_t \quad (5.6)$$

Donde:

α , es la capacidad de producción en unidades de un trabajador en un mes

β , es la capacidad de producción en unidades de un trabajador en una hora

- Inventarios: La demanda en cada período puede ser cubierta por medio de producción, inventarios o una combinación de ambos. Esta restricción se representa mediante la siguiente relación:

$$I_{t-1} + P_t = D_t + I_t \quad (5.7)$$

- Horas extra: Ningún empleado deberá trabajar más de un determinado número de horas extra por período.

$$O_t \leq \gamma W_t \quad (5.8)$$

Donde:

γ es el número máximo de horas extra permitidas por trabajador y por período

- No negatividad: Por último, ninguna de las variables de decisión admite valores negativos.

$$W_t, H_t, P_t, I_t, O_t \geq 0 \text{ para todo } t = 1, \dots, 6. \quad (5.9)$$

A manera de ilustración, se procede realizar el plan agregado para el primer semestre del año 2009 para el grupo de productos de Cloro. Las demandas pronosticadas se muestran en la Tabla 9 a continuación. Los datos de entrada requeridos por el modelo se resumen en la Tabla 10.

Tabla 9. Demanda en Kg. de Cloro para el Primer Semestre de 2009

Periodo	Demanda (Kg)
0	
1	64760
2	44800
3	44860
4	52360
5	44300
6	45360

Tabla 10. Datos de Entrada para el Modelo de Planificación Agregada

Capacidad de la empresa	20,00	días por mes
	8,00	horas por día
	1,00	trabajadores iniciales
Costo de materiales	0,0824	dólares/Kg
Costo de mantener inventario.	0,0206	dólares/Kg/mes
Producción mensual	80000,00	Kg
Tiempo para producir	500,000	Kg/hora
Salario en tiempo regular	180,00	dólares/mes
Costo por tiempo extra	1,25	dólares/hora
Máximo número de horas extra	40,00	horas/ empleado
Inventario inicial	3000,00	Kg
Costos de Contratación	100	dólares

Dados los datos anteriores, se presenta a continuación el modelo matemático de planificación de productos fabricados para el grupo Cloro.

$$\text{Min } Z = \sum_{t=1}^6 180W_t + \sum_{t=1}^6 1.25O_t + \sum_{t=1}^6 100H_t + \sum_{t=1}^6 0.0206I_t + \sum_{t=1}^n 0,0824P_t$$

Sujeto a las siguientes restricciones:

$$W_t = W_{t-1} + H_t$$

$$P_t \leq 80000W_t + 5000O_t$$

$$I_{t-1} + P_t = D_t + I_t$$

$$O_t \leq 40W_t$$

$$W_t, H_t, P_t, I_t, O_t \geq 0 \text{ para todo } t = 1, \dots, 6.$$

En la Figura 20 a continuación se muestra la resolución del modelo mediante el uso del complemento Solver® de MS Excel®.

Variables de decisión						
Periodo	Wt Tamaño Fuerza Laboral (# personas)	Ht Contratación (# personas)	Ot Horas Extra (h)	It Inventario (Kg)	Pt Producción (Kg)	Demanda (Kg)
0	1,00	0,00	0,00	3000,00		
1	1,00	0,00	0,00	0,00	61760,00	64760
2	1,00	0,00	0,00	0,00	44800,00	44800
3	1,00	0,00	0,00	0,00	44860,00	44860
4	1,00	0,00	0,00	0,00	52360,00	52360
5	1,00	0,00	0,00	0,00	44300,00	44300
6	1,00	0,00	0,00	0,00	45360,00	45360

Costeo del Plan Agregado					
Periodo	Costo Tiempo Regular	Costo Contratación	Costo Horas Extra	Costo Inventario	Costo Material
1	180,00	0,00	0,00	0,00	5089,02
2	180,00	0,00	0,00	0,00	3691,52
3	180,00	0,00	0,00	0,00	3696,46
4	180,00	0,00	0,00	0,00	4314,46
5	180,00	0,00	0,00	0,00	3650,32
6	180,00	0,00	0,00	0,00	3737,66

Costo Total = \$25.259,46

Figura 20. Modelo de Planificación Agregada para Productos Fabricados

El modelo de planificación agregada proporciona la siguiente información:

- Para satisfacer la demanda pronosticada para los 6 períodos del horizonte de planeación es necesario mantener una fuerza laboral de una persona (dedicada a la línea de Cloro) durante los 6 períodos.
- No se requiere recurrir a contratación adicional ni a pago de horas extra para satisfacer la demanda.
- Toda la demanda se satisface directamente desde producción. No es necesario construir inventario para satisfacer la demanda de períodos posteriores.
- El plan agregado óptimo para el grupo de productos Cloro genera un costo total mínimo de USD 25.259,46.

Los resultados anteriores resultan evidentes dado que la planta tiene actualmente capacidad disponible para el grupo de productos bajo estudio. Sin embargo, dado que la empresa pretende incrementar sus ventas en el futuro, es probable que la capacidad de producción por sí sola no sea suficiente para satisfacer la demanda futura de

manera directa, por tanto sería necesario recurrir a la construcción de inventario, la contratación de personal adicional para la línea de envasado de Cloro o el pago de horas extra. Bajo dichas circunstancias, el plan agregado sería de gran utilidad para la empresa.

Se propone una plantilla de MS Excel® que incorpora la programación lineal requerida para la resolución del modelo. Dicha plantilla se muestra en el Anexo 5.

6. SISTEMA DE MANEJO DE INVENTARIOS

En la sección 4.2 se definieron los artículos para los cuales se debe dedicar mayores esfuerzos en planificar la demanda y la oferta con el fin de aumentar la eficiencia de la cadena de abastecimiento. Es importante notar que la mayor parte de los artículos “A” identificados (cerca del 85%) corresponden a productos importados. Esto es razonable, puesto que los productos importados generalmente son de mayor valor agregado y su costo se encarece debido a los costos de importación (Conversación personal con Emilio Filbig, Jefe de Compras de Unilimpio S.A., 2008). La elección de un modelo de manejo de inventarios para estos artículos debe tener en cuenta el proceso de compras de los mismos, así como las políticas y las restricciones que lo controlan, de lo contrario el modelo no se ajustará a la realidad y los resultados no serán satisfactorios con respecto a reducción de costos en el manejo de inventarios (Conversación personal con Emilio Filbig, Jefe de Compras de Unilimpio S.A., 2008).

La empresa actualmente maneja siete proveedores internacionales y dos tipos de contrato. El primer tipo de contrato se mantiene con dos proveedores distintos y se caracteriza por una política de contenedor completo. Dicha política implica que el proveedor envía las órdenes en contenedores completos, sin importar el tamaño Q de la orden en cuestión. Por tanto si $Q < C$, donde C es la capacidad del contenedor, la empresa de todas maneras debe asumir todos los costos fijos de manejo de un contenedor completo.

El segundo tipo de contrato se distingue del primero simplemente porque no implica la política de contenedor completo. De esta manera, las órdenes son enviadas utilizando contenedores “consolidados”. Dichos contenedores se caracterizan por contener mercancías de distintos orígenes y destinadas hacia diferentes entidades comerciales. El resultado es que el costo fijo de manejo de un contenedor se reparte proporcionalmente entre todos los entes que comparten el contenedor consolidado. Esto reduce los costos totales de importación de la orden. Sin embargo, se conoce que el costo incurrido para transportar una orden en contenedor consolidado es apenas inferior al incurrido cuando se transporta la orden en contenedor completo cuando el tamaño Q de la orden es tal que $Q \geq \frac{C}{2}$. Por lo tanto, cuando el tamaño de una orden supera el 50% de la capacidad del contenedor, conviene utilizar el tipo de contrato 1 ya que por un costo similar se obtiene mayor seguridad para la orden (al no ser consolidado, el riesgo de que exista pérdida de

producto es menor) (Conversación personal con Emilio Filbig, Jefe de Compras de Unilimpio S.A., 2008).

Cada vez que se realiza una orden a un proveedor internacional, la empresa incurre en varios costos de importación, los cuales sumados a los costos administrativos constituyen el costo fijo de ordenar.

Adicionalmente a las restricciones antes mencionadas, se debe considerar el hecho de que los productos manejados por la empresa son de bajo valor comercial (tal y como se mencionó en la sección 1.1), por lo que los costos fijos de importación antes identificados son significativos en comparación con el costo total de todos los productos incluidos en la orden (Conversación personal con Emilio Filbig, Jefe de Compras de Unilimpio S.A., 2008).

Por último, se debe tener en cuenta la naturaleza de la demanda de los productos de la empresa. En general, la demanda para un producto específico o para un grupo de productos es desconocida y varía de un período al otro (Conversación personal con Emilio Filbig, Jefe de Compras de Unilimpio S.A., 2008). En un sentido matemático, la demanda no es determinística (es estocástica) y no es constante.

6.1. Necesidades del Modelo de Inventarios

De acuerdo a lo anterior, el modelo de inventarios para productos importados debe cumplir con las siguientes condiciones (Conversación personal con Emilio Filbig, Jefe de Compras de Unilimpio S.A., 2008):

- Determinar políticas de inventario para múltiples ítems de una misma línea con relativa facilidad.
- Agregar en una misma orden múltiples productos de un mismo proveedor con el fin de explotar costos fijos.
- Contemplar la incertidumbre de la demanda (la demanda no es determinística).
- Contemplar la variabilidad en la demanda (la demanda no es constante).
- Considerar la restricción de capacidad impuesta por los contenedores.

En base a estas condiciones, se pueden descartar los modelos para el control de un solo ítem como por ejemplo EOQ. Los modelos de inventario investigados capaces de manejar múltiples productos se enumeran en la Tabla 11 junto con una evaluación del cumplimiento con las condiciones establecidas.

La Tabla 11 permite concluir que los modelos "Lotes se ordenan y entregan juntos" (Chopra y Meindl 270, 2007) y "Problema de Abastecimiento Conjunto de Artículos con Demandas Determinísticas pero Variables en el Tiempo" (Boctor et.al. 2667, 2004) cumplen con la mayoría de las condiciones necesarias para el manejo de inventarios. Sin embargo dada la complejidad matemática que representa el modelo de Boctor et.al. (2667, 2004), es razonable elegir el modelo propuesto por Chopra y Meindl (270, 2007) para una primera fase de implementación.

Tabla 11. Evaluación del Cumplimiento de Condiciones para el Modelo de Control de Inventarios

Condiciones	Modelo "Lotes se ordenan y entregan juntos" (Chopra y Meindl 270, 2007)	Modelo cantidad de pedido para reabastecimiento conjunto (Narasimhan et. al. 119, 1996)	Modelo Multiproducto EOQ (Hopp y Spearman 591, 2000)	Multiproduct (Q,r) Stockout Model (Hopp y Spearman 606, 2000)	Problema de Abastecimiento Conjunto de Artículos con Demandas Determinísticas pero Variables en el Tiempo (Boctor et.al. 2667, 2004)
Determinar políticas de inventario para múltiples ítems de una misma línea con relativa facilidad	X	X		X	X
Agregar en una misma orden múltiples productos de un mismo proveedor con el fin de explotar costos fijos	X	X			X
Considerar que la demanda es inpostergable (i.e. no existen "back orders")	X			X	X
Contemplar la incertidumbre de la demanda (la demanda no es determinística)				X	X
Contemplar la variabilidad en la demanda (la demanda no es constante)					X
Considerar la restricción de capacidad impuesta por los contenedores	X				
Facilidad de implementación	X	X	X	X	
TOTAL	5	3	1	4	5

Es importante considerar de qué manera afectan las condiciones no satisfechas a la capacidad del modelo para proponer políticas de inventario adecuadas. Dado que la demanda real no es constante ni conocida (como se observó en la sección 4.5), es posible que en ciertos períodos la demanda observada sea superior o inferior a la

demanda supuesta como constante y determinística. Así mismo, al usar pronósticos de demanda para determinar la demanda futura se debe considerar que estos nunca son exactos, por tanto en cada período existirán diferencias hacia arriba o hacia abajo entre el valor pronosticado y el valor observado. En caso de que la demanda real sea superior a la demanda pronosticada y supuesta constante a lo largo del horizonte de planificación, la Empresa incurre en pérdida de ventas por falta de disponibilidad de producto. Para contrarrestar esta situación se puede construir un inventario de seguridad, lo cual se describe más adelante en este Capítulo.

6.2. Modelo de Control de Inventarios

Para el Modelo de Control de Inventarios se debe establecer una lista de productos clase A o B por cada proveedor. Dicha lista contiene 2 tipos de productos:

- Productos que solo dicho proveedor abastece a Unilimpio S.A.
- Productos que fueron asignados al proveedor a partir de la planificación del abastecimiento descrita en la sección 5.2.

Dado que el modelo "Lotes se ordenan y entregan juntos" (Chopra y Meindl 270, 2007) ha sido determinado como el modelo más adecuado para el manejo de inventarios dentro de la Empresa, su planteamiento matemático se presenta a continuación:

$$n^* = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k D_i h C_i}{2S^*}} \quad (6.1)$$

Donde,

D_i , es la demanda semestral del producto i

S^* , costo común de ordenar los productos i

h , costo de mantener inventario

C_i , costo unitario del producto i

n^* , es la frecuencia óptima de orden del grupo de productos

A partir de la frecuencia óptima de orden del grupo de productos analizados se procede a encontrar la cantidad de pedido óptima (Q_i) de cada producto dentro del grupo de la siguiente manera (Chopra y Meindl 271, 2007):

$$Q_i = \frac{D_i}{n^*} \quad (6.2)$$

Donde,

D_i , es la demanda semestral del producto i

Q_i , es la cantidad de pedido de un producto i

A continuación se ilustra la metodología propuesta para encontrar la frecuencia óptima de pedido para un grupo de productos atados a un solo proveedor y la cantidad óptima de pedido por cada producto.

El grupo de productos con el que se va a trabajar es el perteneciente al proveedor de Chile. En primera instancia se debe establecer la lista de grupo de productos que se pretenden ordenar al proveedor, incluyendo los productos que fueron asignados como resultado de la planificación de fuentes de abastecimiento (ver sección 5.2).

La lista del proveedor de Chile contiene 100.000 unidades del producto 600.000 encontrados en la sección 5.2, además de los productos únicos de éste proveedor. Se supone que la demanda individual de cada artículo incluido en la lista ha sido pronosticada con anterioridad, de la misma manera que se describió en el Capítulo 4. Los pronósticos de demanda para cada uno de los productos que se van a considerar en este ejemplo se presentan en la Tabla 12 a continuación:

Tabla 12. Pronósticos Semestrales para los Productos Atados al proveedor de Chile

Producto	Demanda Pronosticada (unidades)
P1	7163
P2 (600000)	100000
P3	5628
P4	11
P5	1048
P6	4893

Con esta información es posible formular el modelo matemático de control de inventarios para el ejemplo bajo estudio:

$$n^* = \sqrt{\frac{(7163 * 0.26 * 2.1) + (100000 * 0.26 * 1.32) + (5628 * 0.26 * 1.39) + (11 * 0.26 * 37.38) + (1048 * 0.26 * 2.75) + (4893 * 0.26 * 1.32)}{2 * 2532.05}}$$

$$Q_1 = \frac{7163}{n^*}$$

$$Q_2 = \frac{100000}{n^*}$$

$$Q_3 = \frac{5628}{n^*}$$

$$Q_4 = \frac{11}{n^*}$$

$$Q_5 = \frac{1048}{n^*}$$

$$Q_6 = \frac{4893}{n^*}$$

A continuación se presenta la plantilla de MS Excel® del modelo de control de inventarios para el grupo de productos del proveedor de Chile:

MODELO DE INVENTARIO AGREGADO						
Demanda pronosticada semestral de cada producto (unidades)		Costo unitario de cada producto. (\$)		Costo unitario por ordenar (\$)		Costo de mantener inventario (\$)
D1	7163	C1	2.10	S1	-	h
D2	100000	C2	1.32	S2	-	0.26
D3	5628	C3	1.39	S3	-	Costo fijo de ordenar (\$)
D4	11	C4	37.38	S4	-	S
D5	1048	C5	2.75	S5	-	2532.05
D6	4893	C6	1.32	S6	-	Costo combinado de ordenar
D7	-	C7	1.39	S7	-	S* (USD)
D8		C8		S8		2532.05
D9		C9		S9		
D10		C10		S10		
	unidades		USD		USD	
Frecuencia óptima de orden	n*	2.907	Cantidad óptima de pedido por producto i			
			Q1i	2,464		
			Q2i	34,398		
			Q3i	1,936		
			Q4i	4		
			Q5i	360		
			Q6i	1,683		
			Q7i	-		
			Q8i	-		
			Q9i	-		
			Q10i	-		

Figura 21. Modelo de Control de Inventarios Agregado para el Proveedor Chile

Una vez aplicado el modelo de control de inventario, se obtiene la siguiente información del mismo:

- La frecuencia óptima de pedido para el horizonte de planeación semestral del grupo de productos pertenecientes al proveedor de Chile es de 2.907 veces, es decir que aproximadamente cada 2 meses se debe emitir una orden al proveedor.

- La cantidad óptima de pedido para cada producto es la señalada en la columna con el mismo nombre y es el número de unidades necesarias para satisfacer la necesidad de los clientes por un período de 2.07 meses.

Para la resolución de este modelo de control de inventario se utiliza la herramienta MS Excel® y su Complemento Solver®. La plantilla de MS Excel que incorpora utilizada se muestra en el Anexo 6.

6.3. Modelo de Stock de Seguridad

Como se mencionó anteriormente, la demanda de los productos de la Empresa no es conocida con certeza y los pronósticos de demanda nunca son exactos. Por tanto, es necesario que la organización maneje un stock de seguridad que permita mejorar la disponibilidad de producto en caso de que la demanda exceda la cantidad pronosticada (Chopra y Meindl 304, 2007).

La metodología utilizada para determinar el nivel apropiado de Stock de Seguridad es la propuesta por Chopra y Meindl (330, 2007), la cual se resume a continuación:

1. Encontrar la media y la desviación estándar de la demanda durante el período ($T + L$)

$$D_{T+L} = (T + L)D \quad (6.3)$$

$$\sigma_{T+L} = \sqrt{T + L}\sigma_D \quad (6.4)$$

2. Posteriormente, se encuentra el inventario de seguridad tomando en cuenta el nivel de servicio al cliente (CSL):

$$ss = F_s^{-1}(CSL) \times \sigma_{T+L} \quad (6.5)$$

3. Finalmente, se procede a encontrar el OUL.

$$OUL = D_{T+L} + ss \quad (6.6)$$

Donde,

D, demanda promedio por período

σ_D , desviación estándar o error de la demanda por período

L, tiempo promedio de entrega

T, intervalo de revisión

CSL, nivel e servicio al cliente deseado

OUL, nivel de inventario para cubrir la demanda, el tiempo de entrega y el intervalo de revisión

A continuación se procede a demostrar la metodología para encontrar el stock de seguridad para uno de los productos incluidos en el estudio de la sección anterior.

En primera instancia, se tiene la cantidad óptima de pedido del producto P1 que se ordena al proveedor de Chile con una frecuencia bimensual. Dicha cantidad de pedido es de 2.464 unidades como se puede observar en la Figura 21. En la Figura 22 debajo se presenta el Modelo de Stock de Seguridad el cual se aplica al producto bajo estudio.

Modelo de Stock de Seguridad			
DATOS			
Demanda promedio por periodo de producto(D)	2464		unidades
Desviación estándar de la demanda por periodo (σD)	4		unidades
Tiempo de entrega promedio (L)	2		semanas
Intervalo de revisión (T)	1		semanas
Nivel de servicio del cliente (CSL)	0.90		porcentaje
DESARROLLO			
Demanda promedio durante T + L ($D T + L$)	$(T+L)*D$	7392	unidades
Desviación estándar de la demanda en T + L ($\sigma T + L$)	$(\sqrt{T+L})*\sigma D$	7	unidades
SS	DISTR.NORM. ESTAD. INV (CSL) * $\sigma T+L$	9	unidades
OUL	$D T+L + ss$	7,401	unidades

Figura 22. Modelo de Stock de Seguridad

Una vez aplicado el modelo de stock de seguridad, se obtiene la siguiente conclusión del mismo:

- La cantidad de producto por concepto de stock de seguridad que se debe pedir por cada intervalo de tiempo obtenido en la sección anterior es de 7,401 unidades para el

producto 1 (P1). Ésta cantidad de producto servirá para responder a las necesidades de los clientes durante el período de demanda, el tiempo de espera hasta la entrega del siguiente lote y el tiempo de espera por revisión periódica.

Es necesario notar que el modelo de stock de seguridad debe ser aplicado para cada producto proporcionado por un mismo proveedor. Al momento de ordenar en función de la frecuencia óptima de pedido determinada en la sección anterior, la cantidad a ordenar se convierte en la suma entre la cantidad óptima de pedido y el stock de seguridad.

Para la resolución del modelo de stock de seguridad se utiliza una plantilla de MS Excel® la cual se muestra en el Anexo 7.

7. IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL PROCESO DE PLANIFICACIÓN DE LA DEMANDA Y LA OFERTA

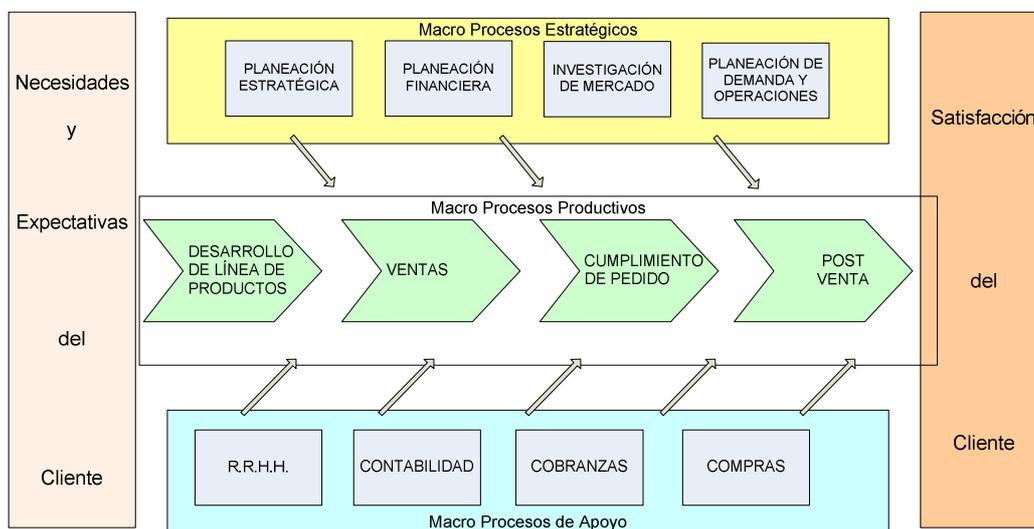
El proceso propuesto representa un cambio importante en las operaciones diarias de la empresa, dadas las actividades a realizarse, el nivel de análisis de datos y el uso de nuevas herramientas que implica. A lo largo del presente estudio se ha recalcado la importancia de contar con Tecnología de Información apropiada que facilite la ejecución del proceso de planificación, dado la gran cantidad de procesamiento de información requerido. En el presente capítulo se describen los aspectos que los autores consideran necesarios para la implementación del proceso propuesto, los cuales fueron discutidos y establecidos en conjunto con la Gerencia (Conversación personal con Julieta Carchi, Gerente General de Unilimpio S.A., 2008).

7.1. Clasificación y Jerarquización del Proceso de Planificación de la Demanda y la Oferta

Dado que el proceso desarrollado en el presente estudio implica la toma de decisiones para la planificación de operaciones futuras, este debe clasificarse como un proceso Estratégico. Los sub-procesos que lo componen son evidentemente la Planificación de la Demanda por un lado, la cual provee de las entradas necesarias al sub-proceso de Planificación de la Oferta. Por otro lado se debe considerar que el proceso también implica la realización de actividades más operativas como son el seguimiento de la precisión de los pronósticos así como la ejecución de las políticas de inventario y los planes agregados para la oferta. Estas actividades se pueden incluir en el proceso existente de Compras, el cual es responsable en la actualidad de las actividades de reabastecimiento y vigilancia de los niveles de inventario (Conversación personal con Julieta Carchi, Gerente General de Unilimpio S.A., 2008). En la Figura 23 se observa la inclusión del Proceso de Planeación de Demanda y Operaciones (oferta) dentro del Mapa de Procesos de Unilimpio S.A.



Mapa de Procesos



Página 1

*Fuente: Unilimpie S.A.

Figura 23. Mapa de Procesos Actualizado de Unilimpie S.A.

La clasificación del proceso y su jerarquización permiten asignar responsabilidades y funciones a las personas involucradas, así como actualizar la documentación adecuada para la institucionalización del proceso.

7.2. Requerimientos Previos a la Implementación

Para que la implementación del proceso sea factible, se necesita la realización de varias actividades previas que preparen a la Empresa en aspectos organizacionales y de sus colaboradores.

- **Decisión, apoyo y comunicación gerencial:**

Dado que el proceso propuesto representa un cambio importante en las operaciones diarias de la empresa, el apoyo por parte de la gerencia es fundamental con el fin de contrarrestar la resistencia natural al cambio. Esta decisión debe ser formalmente comunicada a todos los colaboradores de la empresa, y debe incluir los objetivos que se pretenden alcanzar y los beneficios correspondientes para toda la organización.

- **Establecer responsables y funciones para el desarrollo de las actividades del proceso**

Se debe llevar a cabo la identificación de los responsables de las actividades necesarias. La identificación de los responsables de cada actividad debe estar basada en las competencias requeridas por cada actividad, el nivel de conocimiento sobre el área así como el poder de decisión necesario.

- **Actualización de documentación:**

La documentación relacionada a los procesos y funciones afectadas por la implementación del nuevo proceso debe actualizarse con el fin de institucionalizar el proceso propuesto.

7.3. Selección de una Solución Informática

Dado la cantidad de procesamiento de datos que requiere el proceso propuesto, es indispensable contar con una solución informática que facilite la ejecución de las actividades involucradas en el mismo. La mayoría de software para la administración de la cadena de abastecimiento cuenta con módulos específicos para la realización de pronósticos así como para el manejo de inventarios. El presente estudio ha considerado varios métodos estadísticos y matemáticos que pueden considerarse al momento de seleccionar una solución informática específica. En particular para el manejo de inventarios, es recomendable que se tome en cuenta el modelo de Boctor et. al (2667, 2004), el cual, como se analizó, se ajusta bien a la realidad de la Empresa. Lo mismo aplica para los modelos de pronóstico. Se recomienda tomar en cuenta los modelos Theta, y “Dampened Exponential Smoothing”, los cuales son mencionados por Makridakis y Hibon (458, 2000) como modelos que mostraron un desempeño destacable.

Es importante notar que el plan de implementación del proceso propuesto debe coordinarse con la selección e implementación de la solución informática ya que implica la capacitación del personal involucrado en las actividades. Por tanto dichas capacitaciones deberían contemplar la parte teórica que aborda el presente estudio, así como la parte práctica en el uso de la herramienta tecnológica seleccionada.

7.4. Esquema de Puesta en Producción del Proceso de Planificación y Control de Inventarios

Para la puesta en marcha del proceso, la cual es posterior a la implementación del mismo, se sugiere el cronograma de actividades que se presenta en el

Anexo 8. Este cronograma contempla las actividades de planificación y control abordadas en el presente estudio.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. Conclusiones

La realización del presente estudio permite establecer las siguientes conclusiones relacionadas al proceso de planificación de la demanda y la oferta así como su aplicación dentro de los procesos regulares de la Empresa:

- El presente estudio contempla las etapas de planificación sugeridas por la literatura y la práctica internacional con el fin de lograr un mejor ajuste entre demanda y oferta. Las etapas contempladas son la planificación de la demanda a través de la realización de pronósticos de demanda, la planificación de la oferta a mediano plazo a nivel agregado y el establecimiento de políticas para el control de los inventarios.
- Durante la realización del pronóstico para el artículo individual 600000 se determinó que el modelo que se ajusta al patrón de la demanda observada es el de Suavizamiento Exponencial Doble (DES), el cual minimiza el error de pronóstico “post-muestra”. Sin embargo, al determinar el error de pronóstico Bias, se encontró que dicho modelo estaba sub-estimando de manera sistemática la demanda real, es decir que el pronóstico siempre era inferior a la demanda real observada. Esto es un indicativo de que se requiere revisar los parámetros utilizados en el modelo, así como evaluar otros modelos de pronóstico alternativos.
- Se debe tener en cuenta que el paquete informático estima los parámetros del modelo de pronóstico a partir de los datos de demanda que se le proporciona. Si se produce un cambio en el proceso de demanda del mercado es probable que el modelo de pronóstico se desempeñe de manera deficiente dados los parámetros que se han establecido con anterioridad. En este sentido, la evaluación “post-muestra” realizada es de gran valor ya que permite al pronosticador percatarse de esta situación antes de tomar decisiones en base a un pronóstico deficiente.
- Los pronósticos de demanda basados en serie de tiempo permiten a la empresa planificar la demanda con anticipación utilizando métodos cuantitativos y sistemáticos que reducen en gran medida la subjetividad del proceso, dependiendo menos en la percepción e intuición de las personas y más en datos e información de demanda histórica. Sin embargo es importante tener presente que los pronóstico siempre son inexactos con un cierto margen de error (error de pronóstico). Por lo tanto, la

corrección de dichos pronósticos por parte del factor humano es indispensable y permite desarrollar pronósticos más exactos y reales.

- Para el proceso de planificación de la oferta se proponen dos herramientas de acuerdo a las necesidades de planificación de la Empresa. Dichas herramientas cubren las categorías más importantes de productos para la Empresa, las cuales son Productos Importados y Productos Fabricados. Estas dos categorías de productos también probaron ser las que más impactan en la inversión de inventario que realiza el inventario, como se mostró mediante el análisis ABC.
- La planificación de los productos importados se concentró en determinar una combinación óptima de fuentes de abastecimiento para un producto específico que permita minimizar los costos de abastecimiento de un centro de distribución, en este caso Unilimpio Quito. El mayor beneficio de aplicar el modelo propuesto es que permite a la empresa incorporar otros centros de distribución a la planificación, por ejemplo Unilimpio Guayaquil. Es importante notar que para esto es necesario poder contar con la información de demanda segmentada por centro de distribución.
- La planificación agregada de productos fabricados se concentró en proporcionar información a la gerencia sobre los requerimientos de mano de obra, horas extra, materiales, producción e inventario con el fin de satisfacer la demanda de estos productos. El modelo de planificación propuesto se aplicó al grupo de productos de Cloro, para el cual se determinó que la demanda debe satisfacerse en cada período de producción y en tiempo regular. Esto es evidente dado que existe por el momento capacidad en exceso. Sin embargo, la planificación agregada puede tener un gran valor futuro, cuando la demanda en un período específico exceda la capacidad de producción. En dicho caso, la planificación agregada permite establecer la combinación menos costosa de producción e inventario que permite abastecer la demanda.
- El modelo de control de inventarios que cumple con las necesidades de la empresa Unilimpio S.A. es el "Lotes se ordenan y entregan juntos". Las características del modelo son:
 - Determinar políticas de inventario para múltiples ítems de una misma línea con relativa facilidad.
 - Agregar en una misma orden múltiples productos de un mismo proveedor con el fin de explotar costos fijos.

- Considerar que la demanda es impostergable (p.e. no existen "backorders").
 - Contemplar la incertidumbre de la demanda (la demanda no es determinística).
 - Contemplar la variabilidad en la demanda (la demanda no es constante).
 - Considerar la restricción de capacidad impuesta por los contenedores.
 - Facilidad de implementación.
- El modelo para encontrar el stock de seguridad, se basa en una revisión periódica, tomando en cuenta los tiempos de entrega por los proveedores y la demanda y la variabilidad existente.
 - La implementación del proceso de planificación de la demanda y la oferta representa un cambio en la Empresa que necesita estar organizado de la mejor manera con las bases estructurales necesarias para soportar todo el cambio de actividades. Es fundamental que, en la estructuración de bases para la implementación, exista el total apoyo y seguimiento gerencial para transmitir la importancia a los colaboradores. Las actividades principales que soportan la implementación son:
 - Decisión, apoyo y comunicación gerencial.
 - Identificar los responsables y funciones de cada actividad del proceso.
 - Actualizar la documentación.
 - Capacitación a los responsables.
 - La implementación del proceso de planificación de la demanda y la oferta, una vez establecidas las bases, necesita un cronograma de implementación que posea todas las actividades necesarias para desarrollar el proceso de planificación y control de inventarios. Las actividades necesitan tener una persona responsable de cada actividad con las fechas establecidas y la secuencia necesaria.

8.2. Recomendaciones

- Es importante tener en cuenta que debido al comportamiento variable de la demanda de los productos de Unilimpio S.A., se debe establecer un método o esquema que contemple las demandas de producto no satisfechas con el fin de disponer de datos de demanda verdadera la cual será utilizada al momento de llevar a cabo los pronósticos de demanda.

- Adicionalmente, se debe trabajar en colaboración a lo largo de la cadena de demanda de tal forma que se encuentre disponible información de demanda de clientes finales y no de clientes directos de la Empresa, los cuales en muchos casos son intermediarios. Esto permitiría reducir el efecto de “Crema Batida” y disponer de datos más exactos para realizar los pronósticos de demanda.
- Para facilitar la coordinación y el flujo de información a través de la cadena de suministro se puede implementar Tecnología de Información que registre ventas en los clientes finales (POS) y que los transmita en tiempo real hasta la empresa.
- Si bien en el presente estudio se han recomendado algunas herramientas (modelos) para la planificación de la demanda y la oferta de acuerdo a la situación actual de la Empresa en cuanto a Tecnología de Información y recursos se refiere, es importante que se consideren todas las herramientas mencionadas a lo largo del estudio al momento de seleccionar un nuevo sistema informático. Por ejemplo, el modelo de Boctor (ver sección 2.3), que se ajusta bastante bien a la realidad de la empresa, es muy complejo para aplicarse mediante hoja de cálculo. Sin embargo podría tomarse en cuenta al momento de elegir un nuevo sistema informático para la planificación de la demanda.
- Antes de la implementación del proceso propuesto, se recomienda realizar una evaluación financiera de la misma. En este punto es importante recalcar que el proceso propuesto, junto con la solución informática requerida, debe verse como una inversión. La reducción de los inventarios implica que la empresa contará con capital disponible para realizar otras inversiones. En este sentido la optimización de los inventarios permite financiar la solución informática sin necesidad de recurrir a fuentes de financiamiento externas.

BIBLIOGRAFIA

- Boctor, F.F., Laporte, G. & Renaud, J. (2004). Models and algorithms for the dynamic-demand joint replenishment problem. *International Journal of Production Research*, Vol. 42, N° 13, 2667-2678.
- Chopra, Sunil, & Peter Meindl. Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operation. New Jersey: Pearson – Prentice Hall, 2007.
- Croston J.D. (1972). Forecasting and Stock Control for Intermittent Demands. *Operational Research Quarterly* Vol. 23, N°3, 289-303.
- Estudio sobre la Calidad de Servicio. Unilimpio S.A. Quito, 2007.
- Hopp, Wallace, & Mark Spearman. Factory Physics. New York: McGraw-Hill, 2007.
- Lee, Hau L., Padmanabhan V. & Whang Seungjin (Spring 1997). The Bullwhip Effect in Supply Chains. *Sloan Management Review*, 93-102.
- Makridakis, S. & Hibon M. (2000). The M3-Competition: results, conclusions and implications. *International Journal of Forecasting*, 451-476.
- Narasimhan, Sim, Dennis W. McLeavey, & Peter J. Billington. Planeación de la Producción y Control de Inventarios. México: Prentice Hall, 1996.
- Stevenson, William J. Operations Management. New York: McGraw-Hill, 2007.

ANEXOS

Anexo 1. Encuesta para los Clientes

Encuesta para evaluación de la percepción del cliente con respecto a la calidad del servicio	
	<i>En general, tomando en cuenta todos los aspectos del servicio que recibo de Unilimpio (atención del personal de servicio al cliente y ejecutivos de ventas, tiempo y precisión de las entregas, catálogo de productos y servicios, precios, etc.), considero que el servicio de Unilimpio es excelente.</i>
1	Los documentos que recibo de Unilimpio (facturas, cotizaciones, notas de crédito, etc.) presentan el logotipo de la empresa.
2	Los pedidos de Unilimpio se entregan completos y con las características (presentaciones, fragancias)
3	Unilimpio me provee de material informativo (catálogos, volantes, presentaciones, etc.) útil y bien
4	Cuando recibo productos de Unilimpio, estos son manipulados adecuadamente por el personal de
5	El ejecutivo de ventas de Unilimpio que me atiende posee siempre una presentación limpia y formal.
6	Los productos de Unilimpio son de excelente calidad.
7	Los productos entregados por Unilimpio se encuentran siempre en buen estado.
8	La atención por parte del personal de Unilimpio (Servicio al Cliente, ejecutivos de ventas) es amable y
9	Cuando solicito una cotización de productos la recibo en un plazo máximo de 48 horas.
10	Cuando doy una cita a un representante de Unilimpio, este asiste puntual.
11	Los documentos que recibo de Unilimpio (facturas, cotizaciones, notas de crédito, etc.) están impresos en letra clara y legible con facilidad.
12	El ejecutivo de ventas de Unilimpio me ha informado sobre todos los productos que ofrece Unilimpio.
13	El ejecutivo de ventas de Unilimpio me ofrece nuevos productos que puedan satisfacer mis necesidades
14	La frecuencia de visitas por parte del representante de Unilimpio es adecuada.
15	El nivel profesional del ejecutivo de ventas que me atiende es adecuado.
16	Los pedidos son entregados en un plazo máximo de 48 horas.
17	Cuando doy una cita a un representante de Unilimpio, este se presenta con la información adecuada y precisa para el asunto a tratarse.
18	Cuando lo requiero, puedo comunicarme con el ejecutivo de ventas de Unilimpio fácilmente.
19	Los pedidos de Unilimpio son entregados en la dirección correcta.
20	El personal de Unilimpio (servicio al cliente, vendedor) demuestra flexibilidad para atender pedidos
21	Cuando lo requiero, puedo comunicarme con las oficinas de Unilimpio por teléfono fácilmente.
22	Cuando Unilimpio ofrece realizar una entrega para atender un pedido urgente, lo cumple en el tiempo
23	No he tenido que generar reclamos por el uso de productos de Unilimpio.
24	Al comunicarme con Unilimpio vía e-mail recibo una respuesta a mi petición en un tiempo máximo de 48
25	Cuando comunico un requerimiento al ejecutivo de ventas de Unilimpio, este me da una respuesta en el
26	Los pedidos de Unilimpio son entregados en el horario correcto.

*Generación Propia

Figura 24. Encuesta de Satisfacción de los Clientes de Unilimpio S.A.

Anexo 2. Análisis ABC de los Productos

Anexo 2. Análisis ABC para artículos con movimiento en el año 2007									
#	SKU	DESCRIPCION	CANTIDADES (unidades de venta)	VENTAS TOTALES (USD)	COSTOS (USD)	Costo Unit. (USD)	Annual Dollar Value (USD)	% del ADV total	Clasificación (ABC)
1	460005	DETERGENTE WISE FLORAL 20 KG	6.886.00	136.576.99	110.936.25	16.11	2200310.65	11%	A
2	600000	P.H.JUMBO ELITEx250m.2H.Cx6	233.359.00	440.926.91	332.797.20	1.43	628813.29	3%	A
3	873620	COCHE HEALT-CARE 1020	6	3.480.00	2.236.51	372.75	1297175.80	6%	A
4	876450	COCHE EXPRIMIDOR NICK AMAR 30LT	154	15.695.40	11.096.89	72.06	1130974.85	6%	A
5	600017N	TOALLA NIEVE'Z'BCA.PX250H 23.5X24	7.042.00	118.820.32	66.105.48	9.39	1115403.90	5%	A
6	873450	COCHE GREEN 450 ESTRUCTURA AZUL	10	3.652.00	2.939.83	293.98	1073625.92	5%	A
7	970006	DISP.AUT.FRAGANCIAS DECORT	1.731.00	58.226.80	26.710.65	15.43	898483.93	4%	A
8	810101	TARRINA TERM.8 OZ. CONCLINA (MIL)	350	13.797.95	11.633.72	33.24	458632.82	2%	A
9	810031	VASO TERM. 6 OZ. NATURAL (MIL)	776	19.149.80	13.869.89	17.87	342275.28	2%	A
10	890181	PURIFICADOR AIRE MOD.688 MATE PLUS	4	1.344.00	952	238.00	319872.00	2%	A
11	970001	DISP.P.H. JUMBO DECORT	3.306.00	36.212.26	29.143.58	8.82	319224.11	2%	A
12	970003	DISP.JABON LIQ. 800ML. DECORT	5.158.00	48.077.58	30.042.17	5.82	280022.26	1%	A
13	600001N	P.H.JUMBO ELITE EXTBCO.2H.250m.PX6	2.339.00	29.083.36	21.732.49	9.29	270223.95	1%	A
14	600013N	P.H.JUMBO NIEVE BCO.2H-220mPAQ'6	2.682.00	27.796.13	24.929.52	9.30	258368.45	1%	A
15	970002	DISP TOALLA INTERFOLD DECORT	2.265.00	26.529.43	21.293.64	9.40	249407.56	1%	A
16	8736549	COCHE NICK PLUS210.28 C/EXPR. OKEY	11	1.909.21	1.403.60	127.60	243615.20	1%	A
17	600018N	P.H.JUMBO ELITE BCO.1H.600m. PX4	2.642.00	31.515.22	17.722.26	6.71	211400.80	1%	A
18	460020	DETERG. SI - 20 KL.	880	15.114.56	12.281.09	13.96	210935.54	1%	A
19	8736509	COCHE NICK PLUS 40.28 C/EXPR. OKEY	18	2.066.42	1.760.95	97.83	202159.02	1%	A
20	873130	COCHE GREEN 130 ESTRUCTURA AZUL	7	1.289.82	1.081.70	154.53	199314.04	1%	A
21	460060	DETERGENTE WISE FLORAL 500GR. BX40	508	10.084.63	9.300.66	18.31	184633.30	1%	A
22	410202	JABON 12GR.Cx1000 OVAL. ROSA	247.48	6.956.83	6.394.40	25.84	179750.90	1%	A
23	10311	TORNADO X 20K	396	9.561.33	7.391.07	18.66	178455.71	1%	A
24	600012	P.H.JUMBO NIEVEx250m. SG 2H.Cx6	3.622.00	27.375.48	23.081.22	6.37	174450.44	1%	A
25	460062	DETERGENTE WISE FLORAL 250GR. BX48	1.078.00	15.701.78	11.937.93	11.07	173883.81	1%	A
26	810112	VASO TER. 6OZ. D H L (MIL)	108	3.747.18	4.570.05	42.32	158562.96	1%	A
27	600022	TOALLA Z ARIES 150H 24X24CM BLANCA	1.129.00	13.950.54	12.386.69	10.97	153056.70	1%	A
28	8766549	COCHE NICK PLUS 310-28LT C/EXPR.OKE	4	898.35	672.34	168.09	150999.16	1%	A
29	970551	DISP. TOALLA MAXIROLL C/PALANCA	39	2.408.95	2.305.68	59.12	142417.12	1%	A
30	8716450	COCHE AMARILLO 30LT. SIN EXPRIMIDOR	17	1.281.40	1.698.63	99.92	128036.73	1%	A
31	600650N	LIMPION INDUSTRIAL 300m. NAT.1H PX2	3.422.00	25.318.56	17.246.88	5.04	127605.54	1%	A
32	8766450	COCHE AMARILLO 30LT EXPRIM. ROLLER	10	1.302.18	972.2	97.22	126597.94	1%	A
33	600015N	TOALLA MAXIROLL 1H 300m. PAQ.x2	1.371.00	19.249.89	8.726.17	6.36	122522.11	1%	A
34	020229	TORNADO GALON	8.067.00	35.063.20	27.341.68	3.39	118840.56	1%	B
35	970011	DISP.AUT.AEROWEST DECORT	136	4.228.89	3.622.83	26.64	112651.10	1%	B
36	460012	DETERG. WISE 20 KL.	342.48	7.321.18	5.193.61	15.16	111023.57	1%	B
37	876185	COCHE EXPR.2 BALDES 50LT C/AGA NICK	8	1.129.00	774.18	96.77	109256.15	1%	B
38	810112-2	VASO TER 6OZ. ECUASANITAS (MIL)	110	4.030.60	2.980.10	27.09	109196.28	1%	B
39	20202	ALCOHOL INDUSTRIAL GAL.	1.924.00	17.166.54	11.986.52	6.23	106947.54	1%	B
40	10133	DESENGRASANTE DILIMONENE 20 KILOS	99	3.512.88	2.905.30	29.35	103090.61	1%	B

*Generación Propia

Figura 25. Análisis ABC para Artículos con Movimiento en el Año 2007

Anexo 3. Revisión de Pronósticos

Periodo	Trimestre	Demanda (Dt)	Pronóstico (Ft)	Factor	Detalle	Impacto	Demanda Corregida (Dt)
1	1-06	34106					
2	2-06	58641					
3	3-06	59940					
4	4-06	49822					
5	1-07	64190					
6	2-07	65894					
7	3-07	64703					
8	4-07	61643					
9	1-08	85951					
10	2-08	81756					
11	3-08		83,976				
12	4-08		88,066				
13	1-09		92,157	-Competencia -Clientes	- Introducción de un nuevo producto de prestaciones similares. - Apertura de nuevo distribuidor en Austro.	-5% +1500 u.	89049
14	2-09		96,247	-Plan de Marketing -Clientes	- Descuento adicional programado para distribuidores aliados. - Apertura de nuevo distribuidor en Austro.	+5% +2250 u.	103309

*Generación Propia

Figura 26. Revisión del Pronóstico Cuantitativo

Anexo 4. Planificación del Abastecimiento de Productos Importados

Planificación del Abastecimiento de Productos Importados.																																																				
Demanda Semestral del Producto	0	unidades																																																		
ki (capacidad del proveedor i)	1	2	3	4	5	6	7																																													
unidades	0	0	0	0	0	0	0																																													
Ci (costo de producir y enviar un producto desde el proveedor i)	1	2	3	4	5	6	7																																													
USD	0	0	0																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Proveedores por Producto</th> <th>Costos de producción y transportación Quito(\$)</th> <th>Capacidad Mensual (Unidades)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>3</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>5</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>6</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>7</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr> <td>Demanda Semestral del Producto</td> <td>0</td> <td>unidades</td> </tr> </tbody> </table>			Proveedores por Producto	Costos de producción y transportación Quito(\$)	Capacidad Mensual (Unidades)	1	0	0	2	0	0	3	0	0	4	0	0	5	0	0	6	0	0	7	0	0	Demanda Semestral del Producto	0	unidades	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Proveedores por Producto</th> <th>Quito</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td></tr> <tr><td>3</td><td>0</td></tr> <tr><td>4</td><td>0</td></tr> <tr><td>5</td><td>0</td></tr> <tr><td>6</td><td>0</td></tr> <tr><td>7</td><td>0</td></tr> <tr> <td>Suma</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>				Proveedores por Producto	Quito	1	0	2	0	3	0	4	0	5	0	6	0	7	0	Suma	0	unidades
Proveedores por Producto	Costos de producción y transportación Quito(\$)	Capacidad Mensual (Unidades)																																																		
1	0	0																																																		
2	0	0																																																		
3	0	0																																																		
4	0	0																																																		
5	0	0																																																		
6	0	0																																																		
7	0	0																																																		
Demanda Semestral del Producto	0	unidades																																																		
Proveedores por Producto	Quito																																																			
1	0																																																			
2	0																																																			
3	0																																																			
4	0																																																			
5	0																																																			
6	0																																																			
7	0																																																			
Suma	0																																																			
						Z minimizar \$	0																																													

*Generación Propia

Figura 27. Plantilla de MS Excel® para de Planificación de Abastecimiento de Productos Importados

Anexo 5. Planificación de Productos Fabricados

Planificación Agregada para Productos Fabricados						
VARIABLES DE DECISIÓN						
Periodo	Wt Tamaño Fuerza Laboral (# personas)	Ht Contratación (# personas)	Ot Horas Extra (h)	It Inventario (Kg)	Pt Producción (Kg)	Demanda (Kg)
0	1.00	0.00	0.00	3000.00		
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	64760
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44800
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44860
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	52360
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44300
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	45360
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
COSTEO DEL PLAN AGREGADO						
Periodo	Costo Tiempo Regular	Costo Contratación	Costo Horas Extra	Costo Inventario	Costo Material	
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Costo Total	=	\$0.00				

*Generación Propia

Figura 28. Plantilla de MS Excel® para el Modelo de Planificación de Productos Fabricados

Anexo 6. Modelo de Control de Inventarios

MODELO DE INVENTARIO AGREGADO						
Demanda pronosticada semestral de cada producto (unidades)		Costo unitario de cada producto. (\$)		Costo unitario por ordenar (\$)		Costo de mantener inventario (\$)
D1	0	C1	-	S1	-	h
D2	0	C2	-	S2	-	0
D3	0	C3	-	S3	-	Costo fijo de ordenar (\$)
D4	0	C4	-	S4	-	S
D5	0	C5	-	S5	-	0
D6	0	C6	-	S6	-	Costo combinado de ordenar
D7	-	C7	-	S7	-	S* (USD)
D8		C8		S8		0
D9		C9		S9		
D10		C10		S10		
	unidades		USD		USD	
Frecuencia óptima de orden	n*	0	Cantidad óptima de pedido por producto i			
			Q1i	-		
			Q2i	-		
			Q3i	-		
			Q4i	-		
			Q5i	-		
			Q6i	-		
			Q7i	-		
			Q8i	-		
			Q9i	-		
			Q10i	-		

*Generación Propia

Figura 29. Plantilla de MS Excel® para Establecimiento de Políticas de Inventario y Coordinación de Órdenes a Proveedores

Anexo 7. Modelo de Stock de Seguridad

Modelo de Stock de Seguridad			
DATOS			
Demanda promedio por periodo de producto(D)	0		unidades
Desviación estándar de la demanda por periodo (σD)	-		unidades
Tiempo de entrega promedio (L)	-		semanas
Intervalo de revisión (T)	-		semanas
Nivel de servicio del cliente (CSL)	-		porcentaje
DESARROLLO			
Demanda promedio durante T + L ($D T + L$)	$(T+L)*D$	0	unidades
Desviación estándar de la demanda en T + L ($\sigma T + L$)	$(\sqrt{T+L})*\sigma D$	0	unidades
SS	DISTR.NORM.ESTA ND.INV (CSL) * σ T+L	0	unidades
OUL	$D T+L + ss$	-	unidades

*Generación Propia

Figura 30. Plantilla de MS Excel® para Stock de Seguridad

Anexo 8. Cronograma de Actividades para el Nuevo Proceso

Oct-08	Actividad	Obtener el grupo de productos principales a través de la clasificación ABC	Reunión para la planeación de la demanda del siguiente año	Planeación de los procesos de compras y de producción	Política de inventarios para los productos agrupados por proveedor.	Actualización de los pronósticos con las ventas realizadas en el mes	Corrección a la cantidad óptima de pedido
	Responsable	Jefe de Ventas	Gerente General - Jefe de Ventas - Jefe de Compras	Jefe de Ventas - Jefe de Compras	Jefe de Bodega	Jefe de Ventas	Jefe de Compras
Nov-08	Actividad	Actualización de los pronósticos con las ventas realizadas en el mes	Corrección a la cantidad óptima de pedido				
	Responsable	Jefe de Ventas	Jefe de Compras				
Dic - 08	Actividad	Actualización de los pronósticos con las ventas realizadas en el mes	Corrección a la cantidad óptima de pedido				
	Responsable	Jefe de Ventas	Jefe de Compras				
Ene - 09	Actividad	Actualización de los pronósticos con las ventas realizadas en el mes	Corrección a la cantidad óptima de pedido				
	Responsable	Jefe de Ventas	Jefe de Compras				
Feb-09	Actividad	Actualización de los pronósticos con las ventas realizadas en el mes	Corrección a la cantidad óptima de pedido				
	Responsable	Jefe de Ventas	Jefe de Compras				
Mar-09	Actividad	Actualización de los pronósticos con las ventas realizadas en el mes	Corrección a la cantidad óptima de pedido				
	Responsable	Jefe de Ventas	Jefe de Compras				
Abr - 09	Actividad (Actualización para el 2do. Semestre)	Obtener el grupo de productos principales a través de la clasificación ABC	Reunión para la planeación de la demanda del siguiente año	Planeación de los procesos de compras y de producción	Política de inventarios para los productos agrupados por proveedor.	Actualización de los pronósticos con las ventas realizadas en el mes	Corrección a la cantidad óptima de pedido
	Responsable	Jefe de Ventas	Gerente General - Jefe de Ventas - Jefe de Compras	Jefe de Ventas - Jefe de Compras	Jefe de Bodega	Jefe de Ventas	Jefe de Compras

*Generación Propia

Figura 31. Cronograma de Actividades del Proceso de Planificación de la Demanda y la Oferta

May-09	Actividad	Actualización de los pronósticos con las ventas realizadas en el mes	Corrección a la cantidad óptima de pedido				
	Responsable	Jefe de Ventas	Jefe de Compras				
Jun-09	Actividad	Actualización de los pronósticos con las ventas realizadas en el mes	Corrección a la cantidad óptima de pedido				
	Responsable	Jefe de Ventas	Jefe de Compras				
Jul-09	Actividad	Actualización de los pronósticos con las ventas realizadas en el mes	Corrección a la cantidad óptima de pedido				
	Responsable	Jefe de Ventas	Jefe de Compras				
Ago - 09	Actividad	Actualización de los pronósticos con las ventas realizadas en el mes	Corrección a la cantidad óptima de pedido				
	Responsable	Jefe de Ventas	Jefe de Compras				
Sep-09	Actividad	Actualización de los pronósticos con las ventas realizadas en el mes	Corrección a la cantidad óptima de pedido				
	Responsable	Jefe de Ventas	Jefe de Compras				
Oct-09	Actividad	Obtener el grupo de productos principales a través de la clasificación ABC	Reunión para la planeación de la demanda del siguiente año	Planeación de los procesos de compras y de producción	Política de inventarios para los productos agrupados por proveedor.	Actualización de los pronósticos con las ventas realizadas en el mes	Corrección a la cantidad óptima de pedido
	Responsable	Jefe de Ventas	Gerente General - Jefe de Ventas - Jefe de Compras	Jefe de Ventas - Jefe de Compras	Jefe de Bodega	Jefe de Ventas	Jefe de Compras
Nov-09	Actividad	Actualización de los pronósticos con las ventas realizadas en el mes	Corrección a la cantidad óptima de pedido				
	Responsable	Jefe de Ventas	Jefe de Compras				
Dic - 09	Actividad	Actualización de los pronósticos con las ventas realizadas en el mes	Corrección a la cantidad óptima de pedido				
	Responsable	Jefe de Ventas	Jefe de Compras				

*Generación Propia

Figura 32. Cronograma de Actividades del Proceso de Planificación de la Demanda y la Oferta (Continuación)