

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS

DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS

TESIS DE GRADO

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

“MAGÍSTER EN CONTROL DE OPERACIONES Y GESTIÓN LOGÍSTICA”

TEMA

**ANÁLISIS Y DISEÑO DE MEJORAS EN EL PROCESO DE
PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN UNA LÍNEA DE EMPAQUE
DE UNA EMPRESA DE PRODUCTOS DE CONSUMO MASIVO**

AUTORES

ELÍAS FERNANDO ALCÍVAR SUÁREZ

MARIANITA DE JESÚS MOREIRA BENITEZ

Guayaquil – Ecuador

AÑO

2013

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a mi Sra. madre Milca Benites Macías, quién con sus sabios consejos y palabras de aliento me ha apoyado en cada etapa de mi vida y a mis hijos Guillermo y Fabrizio por ser mi inspiración para seguir adelante.

Marianita Moreira Benitez

DEDICATORIA

A mi esposa, Gilda Judith Taranto Vera, mi familia en especial mis padres, Elias Alcivar Barreto e Irene Suarez Murillo, dedico este trabajo y la finalización de una etapa más en el ámbito educacional, por ser fuente de inspiración, trabajo y porvenir.

Elías Fernando Alcívar Suárez

AGRADECIMIENTO

A Dios por guiarme y fortalecerme, a mi madre por cuidar de mis hijos durante mis ausencias por conseguir un nuevo logro en mi vida profesional, a mis hermanos Sonia y Francisco por su apoyo en los momentos difíciles, a mis hijos por el tiempo que no estuve con ellos y que sin embargo continuaron firmes en su crecimiento, a mis amigos y compañeros de estudio que me apoyaron y creyeron en mi, durante el desarrollo de esta etapa, a mi compañero de tesis Elías Alcívar por su apoyo incondicional y a los Srs. M.Sc. Carlos Cepeda y M.Sc. Guillermo Baquerizo por su guía, experiencias compartidas y el apoyo recibido para la culminación de este proyecto de tesis.

Marianita Moreira Benitez

AGRADECIMIENTO

A Dios, mi esposa Judith Taranto Vera, mis padres Elías Alcívar B. e Irene Suarez M., gracias a toda mi familia por sus consejos y la colaboración para la culminación de este trabajo.

Elías Fernando Alcívar Suárez

TRIBUNAL DE GRADUACION

M.Sc. Guillermo Baquerizo Palma
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

M.Sc. Carlos Cepeda De la Torre
DIRECTOR DEL PROYECTO

M.Sc. Erwin Delgado Bravo
VOCAL

DECLARACION EXPRESA

La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en esta Tesis de Graduación, nos corresponden exclusivamente; el patrimonio intelectual del mismo, corresponde exclusivamente a la **Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Departamento de Matemáticas** de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Ing. Elías Alcívar Suárez

Ing. Marianita Moreira Benitez

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I

1.1 ANTECEDENTES	1
1.1.1 ETIQUETADO Y MARCADO DE PRODUCTOS.....	2
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	5
1.4 OBJETIVO GENERAL.....	6
1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
1.6 METODOLOGÍA	6

CAPÍTULO II

2.1 DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA	8
2.2 ANÁLISIS DE LA DEMANDA.....	8
2.2.1 RECOLECCIÓN DE DATOS.....	8
2.2.2 CLASIFICACIÓN DE PRODUCTOS.....	9
2.2.3 LÍNEAS DE PRODUCTOS.....	9
2.3 FLUJOS DE PROCESOS	10
2.3.1 RECEPCIÓN DE PRODUCTOS EN EL CENTRO DE DISTRIBUCIÓN	10
2.3.2 ALMACENAMIENTO	11
2.3.3 PLANIFICACIÓN DE PRODUCTOS HACIA ELÁREA DE EMPAQUE	11
2.3.4 RECEPCIÓN DE PRODUCTOS EN EL ÁREA DE EMPAQUE	12
2.3.5 PLANIFICACIÓN DE TAREAS	12
2.3.6 PRODUCCIÓN DE IMPRESIÓN DE PRODUCTO.....	12
2.3.7 ENTREGA DE PRODUCTO TERMINADO	13

CAPÍTULO III

3.1 DEFINICIONES.....	14
3.1.1 INVENTARIO	14
3.1.2 NIVEL DE INVENTARIO	14
3.1.3 DEMANDA	15
3.1.4 STOCK DE SEGURIDAD.....	18
3.1.5 INVENTARIO OBJETIVO	19
3.1.6 INVENTARIO MÁXIMO.....	19
3.2 POLÍTICA DE INVENTARIOS	20
3.3 MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL.....	21
3.3.1 MEDIA.....	21
3.4 MEDIDAS DE DISPERSIÓN.....	22
3.4.1 VARIANZA	23
DESVIACIÓN ESTÁNDAR.....	24
3.5 CLASIFICACIÓN DE PRODUCTOS SEGÚN LÍNEA Y PRESENTACIÓN	24
3.5.1 LÍNEAS DE PRODUCTOS	24
3.5.2 PRESENTACIONES POR PRODUCTO	25
3.5.3 CANTIDAD DE PRODUCTO SEGÚN UNIDADES POR PALLET	27
3.6 TOMA DE INVENTARIO FISICO.....	28
3.7 REGISTRO Y CONTROL DE INVENTARIO	28
3.8 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE LA LÍNEA DE IMPRESIÓN	28
3.8.1 PLANIFICACIÓN DE PRODUCTOS A PROCESAR	28
3.8.2 PROGRAMACIÓN DE LA PLANIFICACIÓN EN LÍNEA DE IMPRESIÓN..	29

CAPÍTULO IV

4.1 DESARROLLO DEL MODELO MATEMÁTICO	31
4.2 DESCRIPCIÓN DEL MODELO.....	31
4.3 INFORMACIÓN DE ENTRADA	32
4.3.1 CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN.....	32
4.3.2 PRODUCCIÓN EN BLOQUE.....	32
4.3.3 DATOS PRINCIPALES REQUERIDOS.....	33
4.3.4 MARCADORES DEL MODELO.....	33
4.3.5 VARIABLES DE DECISIÓN	34
4.3.6 TABLAS Y PARÁMETROS	35
4.3.7 FUNCIÓN OBJETIVO	36
4.3.8 RESTRICCIONES DEL MODELO	36
4.3.9 APLICACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO	41
4.3.10 RESULTADOS.....	42

CAPÍTULO V

5.1 CONCLUSIONES	45
5.2 RECOMENDACIONES	46

BIBIOGRAFIA.....	47
-------------------------	-----------

ANEXO 1	48
----------------------	-----------

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 3.1.3-A VENTAS LÍNEA CAPILAR PERIODO 2007 AL 2011	16
GRÁFICO 3.1.3-B VENTAS SEGÚN PRESENTACIÓN LÍNEA SHAMPOO AÑO 2011	16
GRÁFICO 3.1.3-C VENTAS SEGÚN PRESENTACIÓN LÍNEA ACONDICIONADO AÑO 2011	17
GRÁFICO 3.1.3-D VENTAS SEGÚN PRESENTACIÓN LÍNEA CREMA DE PEINAR AÑO 2011	17
GRÁFICO 3.5.1 LÍNEAS DE PRODUCTOS FRECUENCIA RELATIVA	25
GRÁFICO 3.5.2 PRESENTACIONES DE PRODUCTOS FRECUENCIA RELATIVA	26
GRÁFICO 3.5.3 CANTIDAD DE UNIDADES POR PALLETS SEGÚN PRODUCTO FRECUENCIA RELATIVA	27
GRÁFICO 3.8.2 CAUSAS Y EFECTOS DE LA FALTA DE PRODUCTOS DISPONIBLES	30

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.6.1 DIAGRAMA DE FLUJO: METODOLOGÍA UTILIZADA EN LA INVESTIGACIÓN	7
FIGURA 4.3.8-A MIX DE PRODUCTOS	37
FIGURA 4.3.8-B TOTAL A PRODUCIR	38
FIGURA 4.3.8-C INVENTARIO DISPONIBLE	40
FIGURA 4.3.8-9 PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN OBTENIDA EN GAMS	41
FIGURA 4.3.10-A TOTAL DÓLARES EN HORAS EXTRAS POR MES	42
FIGURA 4.3.10-B INGRESOS EN DÓLARES POR PRODUCCIÓN	43
FIGURA 4.3.10-C NIVEL DE INVENTARIO (EN CAJAS) SEGÚN LÍNEA DE PRODUCTO	43
FIGURA 4.3.10-D NIVEL DE SERVICIO SEGÚN PRODUCTO DISPONIBLE A TIEMPO Y ENTREGAS A TIEMPO	44

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 3.1.3 VENTA HISTÓRICA SEGÚN LÍNEAS DE PRODUCTOS (CAJAS).....	15
TABLA 3.5.1 LÍNEAS DE PRODUCTOS.....	25
TABLA 3.5.2 PRESENTACIONES POR PRODUCTOS.....	26
TABLA 3.5.3 CANTIDAD DE UNIDADES POR PALLETS SEGÚN PRODUCTO FRECUENCIA RELATIVA	27
TABLA 4.3.4 MARCADORES DEL MODELO.....	34
TABLA 4.3.5 VARIABLES DE DECISIÓN.....	34
TABLA 4.3.6 TABLAS Y PARAMETROS	35

CAPÍTULO I

1.1 ANTECEDENTES

La empresa objeto de estudio, se encuentra ubicada en la ciudad de Guayaquil, y su actividad económica principal es la comercialización y distribución de productos y tiene entre una de sus actividades principales la comercialización de productos importados de consumo masivo, los mismos que deben cumplir con las normas y regulaciones impuestas por el estado y los acuerdos internacionales de comercio exterior.

La comercialización de productos de consumo masivo es regulada por: el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), que tiene bajo su responsabilidad la elaboración de las normas técnicas ecuatorianas, que deben ser cumplidas, el Instituto de Higiene y Medicina Tropical “Leopoldo Izquieta Pérez”, entidad encargada de emitir los registros sanitarios, y la ley Orgánica de Defensa del Consumidor y su Reglamento en los artículos 14 y 15.

El Ecuador debe cumplir con el Acuerdo de la Organización Mundial de Comercio (OMC) sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (MSF) y el Acuerdo sobre Obstáculos Técnicos al Comercio (OTC) [1].

Toda empresa comercializadora de productos importados de consumo masivo en el Ecuador debe cumplir con las normas y regulaciones. Dentro de estas regulaciones, se estipula el mercado de productos.

Entre las variables a considerar en el estudio, se determinan dos líneas de productos en diferentes marcas y presentaciones:

- Línea capilares
- Línea de cuidado personal

Todo empieza con el proceso de recepción, en cual los productos son identificados en un estado de cuarentena y luego son almacenados.

Los productos identificados en estado de cuarentena, deben pasar por el proceso de marcado de productos, para poder ser comercializados por el área Comercial. En ese punto, es importante la planificación previa de este proceso, con la finalidad de optimizar los recursos y minimizar los costos.

La producción según lo planificado en base al análisis de la demanda, es la métrica de mayor importancia dentro del análisis de mejora del proceso productivo. Para realizar este proceso de impresión se debe partir de una planificación de varios sub-procesos, los cuales garanticen la disponibilidad de los productos hacia los clientes según las políticas establecidas en la compañía.

1.1.1 ETIQUETADO Y MARCADO DE PRODUCTOS

El INEN establece los requisitos de etiquetado y marcado. Según el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 015:2006, se debe tener los siguientes requisitos generales y requisitos específicos para comercializar y distribuir.

Requisitos generales:

- La información del rotulado exigida por este reglamento debe ser colocada en la etiqueta, envase o embalaje del producto; cuando esto no sea posible debe colocarse en el manual de uso del producto.
- La información del rotulado no debe tener palabras, ilustraciones o representaciones gráficas (dibujos o símbolos) que hagan alusión falsa equívoca o engañosa, o susceptible de una expectativa errónea de la naturaleza del producto.
- Las marcas de conformidad de los sistemas de gestión de la calidad de las empresas fabricantes, no deben exhibirse en el envase y embalaje del producto.

Requisitos específicos:

- Nombre o denominación del producto
- Marca comercial
- Identificación del lote o número de serie
- Modelo o tipo (si aplica)
- Contenido neto (si aplica)
- Razón social y dirección completa de la empresa productora o comercializadora
- Lista de componentes, con su respectiva especificaciones (donde aplique)
- País de fabricación del producto
- Si el producto es perfectible
- Fecha máxima de uso (año, mes y día)
- Condiciones de conservación
- Norma de referencia: NTE INEN en caso de que exista o normas extranjeras que aplique a rotulado de ese producto
- En caso que el producto contenga algún insumo o materia prima que represente riesgo o peligro, debe aclararse
- Advertencia de riesgo o peligro que pudiera derivarse de la naturaleza del producto, así como de su empleo cuando éstos sean previsibles.

- La información debe estar en español sin perjuicio de que se pueda incluir adicionalmente esta información en otro idioma [2].

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El proceso impresión Ink jet es un proceso de impresión a tinta, sin contacto alguno en el que los textos y las imágenes están formadas por pequeñas gotas disparadas a una velocidad alta desde los inyectores de los cabezales de impresión.

El proceso de empaque tiene muchas actividades que pueden influir en el desarrollo o en la productividad de la actividad principal que es realizar impresión Ink Jet en los productos.

El proceso de impresión se debe estudiar tomando como referencia, al análisis del comportamiento de la demanda y a la programación de la producción de impresiones diarias de los productos a distribuir. Variables como la diversidad de líneas de productos, los diseños por cada marca y las diferentes presentaciones, hacen de la planificación un problema complejo.

Dentro de la planificación de la producción encontramos el problema de asignación, el cual tiene como actores principales un número de agentes y un número de tareas. Cualquier agente puede ser asignado para desarrollar cualquier tarea, generando algún coste que puede variar dependiendo del agente y la tarea asignada. Es necesario para desarrollar todas las tareas, asignar un solo agente a cada tarea para que el coste total de la asignación sea minimizado.

Los objetivos de la planificación de trabajos está encaminada a:

- Cumplir con las fechas programadas de entrega
- Minimizar el tiempo de producción
- Minimizar el trabajo en proceso
- Maximizar la operación en el centro de trabajo
- Minimizar los costos de producción

La planificación de pedidos consiste en la determinación del orden en que serán procesados los pedidos en cada centro de trabajo, una vez establecidas las capacidades. El problema de la planificación se hace más complejo en la medida que aumenta el número de centros de trabajo, sin importar la cantidad de pedidos; así mismo, es importante tomar en cuenta el tipo de configuración de las instalaciones, ya que de eso dependerán las mejoras a sugerir en el proceso.

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Es de vital importancia para la compañía volver eficiente este proceso, ya que garantiza minimizar sus costos operacionales, ser competitivo y no afectar la rentabilidad del giro del negocio.

Es así, que la planificación en la empresa objeto de este estudio, se lo hace en forma empírica, lo que genera en algunas ocasiones sobre stocks de productos disponibles para la venta y en otra falta de inventarios para atender los pedidos. Todo esto genera un incremento en los costos operacionales, que se incurren, por una planificación inadecuada.

Con la finalidad de disminuir los costos operacionales del proceso de marcado a tinta, y volver más eficiente este proceso, se procederá a evaluar y proponer las mejoras en el proceso.

1.4 OBJETIVO GENERAL

Mejorar el sistema actual mediante el uso de herramientas de gestión, producción y logísticas, lo cual contribuya al buen manejo de la distribución de productos a sus clientes con el fin de obtener niveles de productividad rentables y optimización de las operaciones logísticas.

1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar situación actual para identificar las actividades o tareas que desmejoran el proceso.
- Elaborar la planificación de producción que conlleve a la disminución de costos e incremento de la productividad de la línea de empaque.
- Comparar los costos actuales con los costos que se pueden generar en la propuesta a presentar.

1.6 METODOLOGÍA

La metodología a utilizar consistirá en la recolección de datos referentes a la demanda histórica y establecer un modelo de planeación, lo cual permitirá mejorar el proceso de impresión a tinta de los productos que se encuentran en estado de cuarentena, a la espera de ser solicitados por el area comercial para cubrir la demanda.

Se implementará un modelo de planeación de asignación, el cual permitirá escoger los productos que en base a los niveles de inventario requieren ser producidos.

Se evaluará la productividad teniendo en cuenta las restricciones de capacidad de producción diaria y la planificación, lo cual permitirá analizar los resultados.

A continuación se muestra el diagrama de flujo de la metodología a utilizar:

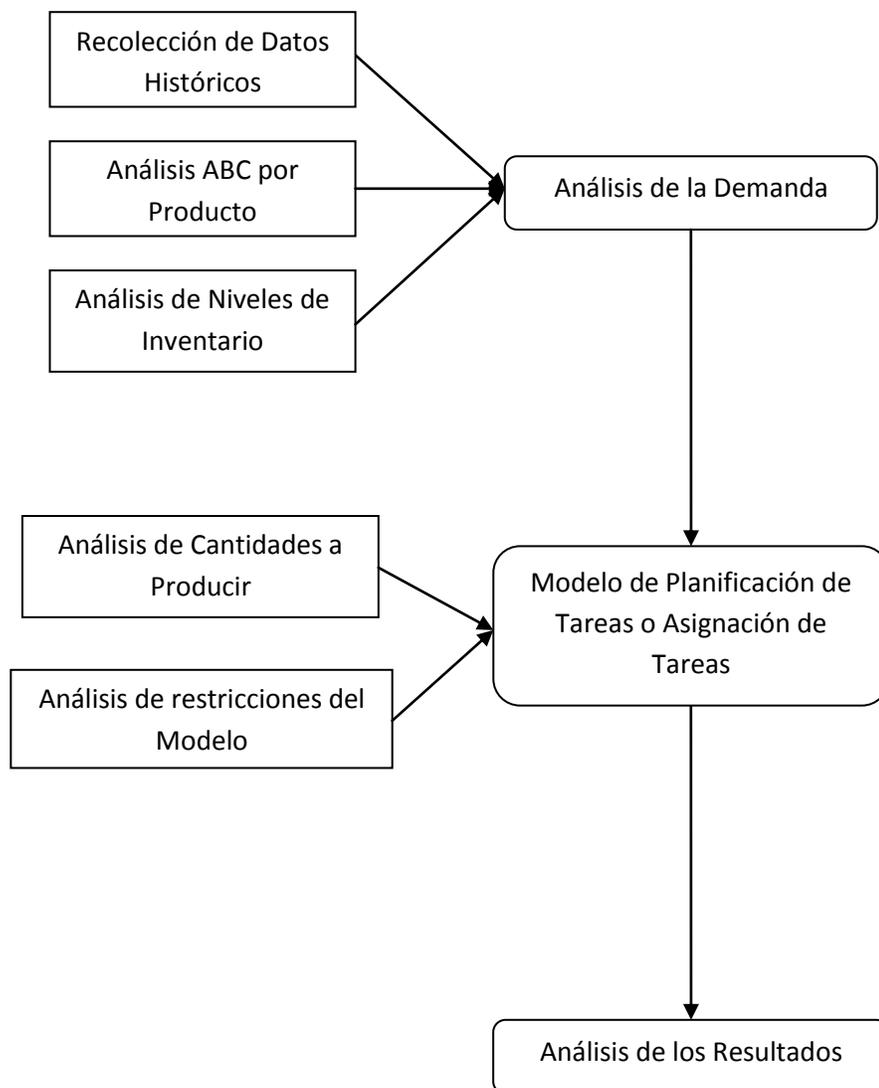


Figura 1.6.1: Diagrama de Flujo: metodología utilizada en la investigación

CAPÍTULO II

2.1 DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

En este capítulo se describen los pasos que se utilizan para realizar las mejoras en la planificación de la producción, además se detallan las técnicas y herramientas que se emplean para diseñar un modelo de planificación que cumpla los objetivos del estudio.

2.2 ANÁLISIS DE LA DEMANDA

El análisis de la demanda se basa en buscar los promedios de ventas de los productos en los últimos doce meses y según este análisis determinar los productos más importantes por su rotación.

Para determinar este análisis de demanda se requieren conocer tres puntos básicos:

- Recolección de datos históricos
- Clasificación de productos
- Líneas de productos

2.2.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

Para efectos del análisis de la demanda, los datos son recolectados del sistema informático que tienen la empresa en estudio, las variables a estudiar son las siguientes:

- Código de producto
- Descripción de producto
- Cantidad pedida u ordenada
- Cantidad despachada
- Número de pedido
- Código de cliente

- Nombre del cliente
- Fecha de pedido

2.2.2 CLASIFICACIÓN DE PRODUCTOS

Los productos se clasifican en:

- Elaborados (todos los productos derivados de aceite de palma)
- Detergentes
- Cuidado Capilar
- Cuidado Personal
- Baterías

La clasificación cuidado capilar, personal y baterías pasa por el proceso de ink jet en el centro de distribución Guayaquil. En cambio en la clasificación detergente ya viene marcada la información en la funda desde origen, al igual que en la clasificación de elaborados de los productos derivados de aceite de palma.

2.2.3 LÍNEAS DE PRODUCTOS

Las líneas de productos dentro de la clasificación de los que pasan por el proceso de ink jet, se desglosa de la siguiente forma:

- Cuidado Capilar
- Shampoo
- Acondicionadores
- Cremas y Tratamientos
- Cuidado Personal
- Higiene Corporal
- Higiene Bucal
- Baterías

2.3 FLUJOS DE PROCESOS

2.3.1 RECEPCIÓN DE PRODUCTOS EN EL CENTRO DE DISTRIBUCIÓN

La recepción de productos inicia con la confirmación de la recepción de embarque de acuerdo a la programación enviada, por el operador aduanero.

Previo a la llegada del producto se verifican:

- Condiciones requeridas (disponibilidad de recursos humanos y materiales) para la recepción, la ubicación de los productos y la capacidad del almacenamiento.
- Los requerimientos para almacenamiento y/o descarga del producto por si hubieran condiciones especiales.
- Que el descargue y el transporte dentro del centro de distribución se realice cumpliendo todas las normas de seguridad y calidad.
- Verificar que los sellos no hayan sido manipulados y registrarlos en el control de recepción.

En este registro se debe ubicar:

- Número de contenedor
- Nombre de la empresa que transporta
- Número de los sellos de seguridad
- Números de los packing list o factura
- Hora de llegada del vehículo al andén
- Hora de inicio de descarga
- Hora de finalización de descarga

En la recepción de contenedores se deben registrar los códigos, lotes y las cantidades recibidas, así como las cantidades en mal estado y/o faltante que se detecten durante la descarga de los productos.

2.3.2 ALMACENAMIENTO

El Centro de distribución está conformado por áreas independientes de productos, cada área se encuentra con estanterías identificadas. A cada identificación de estantería se la denomina domicilio.

Una vez que los productos son receptados, éstos pasan al área de almacenamiento para ser domiciliados, con esto se lleva el control del producto, de la cantidad almacenada y el lote del producto.

Todo producto importado que se recibe se lo ubica en estado de cuarentena, esto significa que los productos deben pasar el proceso de impresión para que sean liberados y estar disponibles para la venta.

Los supervisores de bodega son los encargados de registrar las cantidades y los domicilios (ubicaciones en estanterías) de los productos en el sistema informático de la compañía.

2.3.3 PLANIFICACIÓN DE PRODUCTOS HACIA EL ÁREA DE EMPAQUE

En base al análisis de la demanda de productos, diariamente se traslada productos en estado de cuarentena, según el nivel de inventario de los productos o según alguna necesidad puntual. En este proceso el área de almacenamiento realiza una transferencia de productos desde su área al área de empaque. Los encargados según la información registrada en el sistema verifican la existencia del producto y que cumpla con el manejo de FEFO (primero en expirar, primero en salir) según el lote registrado. Este producto se prepara y queda listo para llevarlo al área de empaque.

2.3.4 RECEPCIÓN DE PRODUCTOS EN EL ÁREA DE EMPAQUE

El producto se traslada desde las diferentes áreas de almacenamiento, al área de empaque, se contabiliza el producto y se registra en documentos lo recibido para posteriormente entregarlos y que puedan ser distribuidos a los clientes.

El registro de la recepción consta de la siguiente información:

- Código de producto
- Descripción del producto
- Cantidad entregada
- Lote del producto

2.3.5 PLANIFICACIÓN DE TAREAS

La planificación de tareas se la realiza de forma empírica, se prioriza la producción en base a la necesidad diaria según se receptan los pedidos. Esta planificación de pedidos permite o no, una alta o baja en la productividad.

2.3.6 PRODUCCIÓN DE IMPRESIÓN DE PRODUCTO

Una vez que se define la planificación de tareas, los productos ingresan a la producción de impresión, esta etapa está conformada de la siguiente forma:

- Reporte de arranque de línea, donde se detallan las condiciones iniciales de la producción.
- Preparación y calibración de impresión de producto
- Alistamiento del producto en mesa de trabajo
- Impresión de producto
- Empaque y paletización
- Reporte final del arranque de línea.

2.3.7 ENTREGA DE PRODUCTO TERMINADO

El área de maquila realiza un reporte de todos los productos que han sido procesados, este reporte es entregado al área de almacenamiento, la cual verifica que las cantidades entregadas en su momento son las mismas que reciben por parte del área de maquila, con esto se cierra el proceso de entrega recepción para validación del inventario.

CAPÍTULO III

3.1 DEFINICIONES

La empresa distribuidora de productos importados de consumo masivo objeto de estudio, tiene entre sus prioridades satisfacer la demanda de sus clientes, y elevar el nivel de servicio. Para ello se procederá a estudiar las políticas de inventario y el proceso de planificación para la impresión a tinta de sus productos, con la finalidad de cumplir con las regulaciones de comercialización de productos importados. Se debe recordar que el inventario en una empresa representa una parte del capital de trabajo, por lo tanto uno de los objetivos de la empresa es la administración de los inventarios a través de políticas de inventarios, controles de niveles de stock, con el objetivo de minimizar los costos operativos y logísticos que aseguren el nivel de servicio que ofrece la empresa para con sus clientes.

Para delimitar el estudio se asume la disponibilidad de productos importados según sus programas de importación y con las políticas establecidas por el área comercial.

3.1.1 INVENTARIO

Se define como inventario a los productos almacenados, disponibles para cubrir una demanda, en un horizonte de tiempo.

Para definir las unidades de inventario se lo realiza con las siglas SKU (Stock Keeping Unit).

3.1.2 NIVEL DE INVENTARIO

El nivel de inventario representa una parte de los activos que posee o el nivel de inversión en productos terminados que dispone la empresa. Es importante para la empresa aplicar políticas de inventarios que van a repercutir en, una correcta administración de su inventario.

Uno de los problemas comunes en las empresas, que suelen afectar sus ventas es el inventario de productos disponibles para la ejecución final del proceso de ventas. Pero más allá de analizar los procesos, se debe establecer qué tipo de demanda, es la aplicada en su línea de producto [3].

3.1.3 DEMANDA

Se define como demanda a la cantidad de productos requeridos por los clientes en un periodo. La demanda puede ser dependiente o independiente; para el caso de productos terminados, a esta demanda se la cataloga como independiente, porque no depende ni va atada a otro producto su consumo.

Se tiene como referencia el total de venta de cajas por cada línea de producto, correspondiente a los años 2007, 2008, 2009, 2010 y 2011. Existe un promedio de incremento de ventas de un 3% en la línea de shampoo y en la línea de acondicionador tiene un incremento del 2,3% del año 2010 al 2011.

TABLA 3.1.3 VENTA HISTÓRICA SEGÚN LÍNEAS DE PRODUCTOS (CAJAS)

LÍNEAS DE PRODUCTOS	2007	2008	2009	2010	2011
SHAMPOO	580235	597467	597230	615213	658314
ACONDICIONADOR	524566	545549	567371	569339	582384
CREMA DE PEINAR	39789	49789	50678	51259	52107
TRATAMIENTO CAPILAR	6457	6578	7386	7489	7530
TOTALES CAJAS VENDIDAS	1151047	1199383	1222665	1243300	1300335

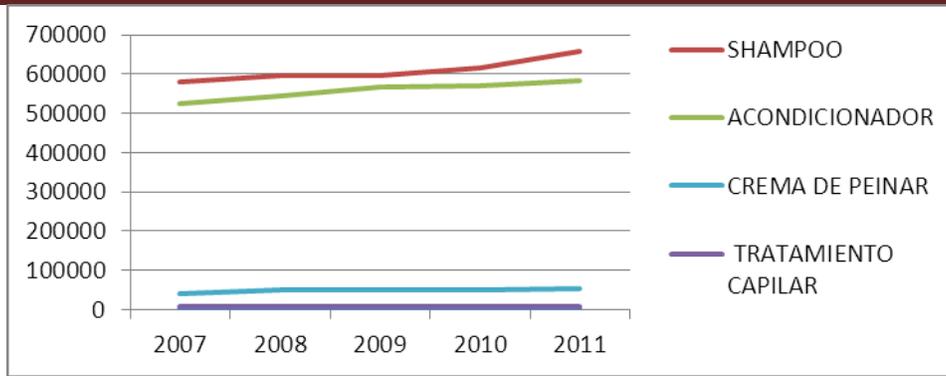


GRÁFICO 3.1.3-A VENTAS LÍNEA CAPILAR PERIODO 2007 - 2011

Se revisó la información disponible de las cajas vendidas por mes de las diferentes líneas de productos, en el gráfico 3.1.3-B se observa que la demanda tiene un pico en las ventas en el mes de agosto, para la presentación de 300 ml, producto que es de mayor demanda en el mercado consumidor. Esto se debe por su precio y tamaño, según los datos históricos disponibles.

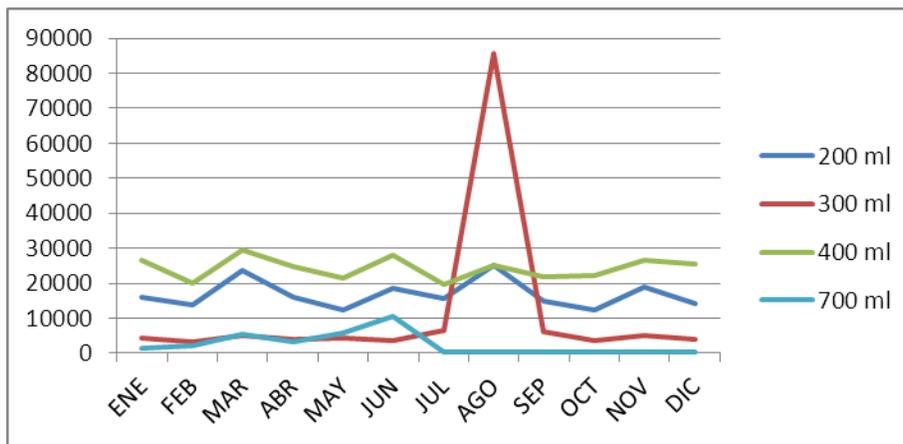


GRÁFICO 3.1.3-B VENTAS SEGÚN PRESENTACIÓN LÍNEA SHAMPOO AÑO 2011

En el siguiente gráfico 3.1.3-C se observa el comportamiento de la línea acondicionador, en el cual el producto de mayor demanda es la presentación de 400 ml., le sigue la presentación de 300 ml, estos dos productos son los de mayor consumo a nivel nacional.

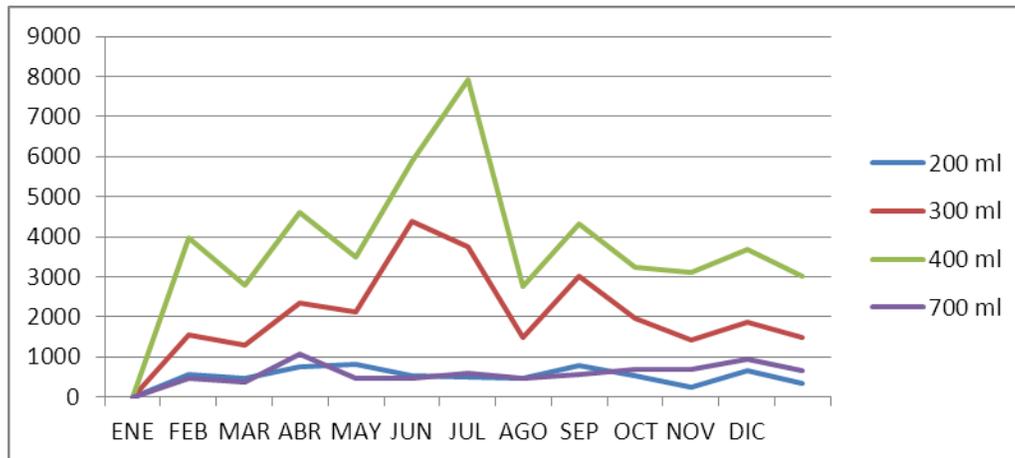


GRÁFICO 3.1.3-C VENTAS SEGÚN PRESENTACIÓN LÍNEA ACONDICIONADOR AÑO 2011

Por medio del gráfico 3.1.3-D se observa que las cremas de peinar específicamente de 300 ml no tiene un comportamiento regular, mientras que la crema de 150 ml se comporta con mayor regularidad pero sus índices de ventas son bajos.

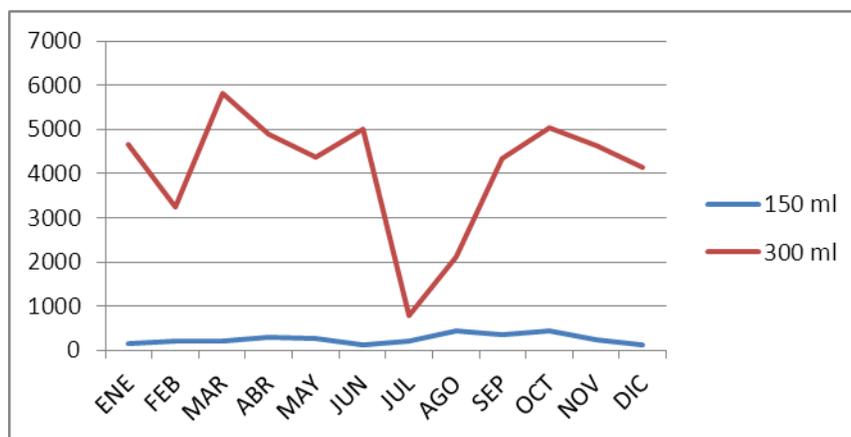


GRÁFICO 3.1.3-D VENTAS SEGÚN PRESENTACIÓN LÍNEA CREMA DE PEINAR

AÑO 2011

3.1.4 STOCK DE SEGURIDAD

El stock de seguridad, también llamado stock de protección, lo podemos definir como el volumen de existencias que se tiene en el almacén, por encima de lo que normalmente se espera necesitar, para hacer frente a las fluctuaciones en exceso de demanda o a retrasos imprevistos en la entrega de los pedidos.

Si los aprovisionamientos no son instantáneos, y existe un cierto tiempo entre el momento en que se hace el pedido al proveedor, y el momento en que éste llega al almacén, será necesario disponer de cierto número de existencias para hacer frente a la demanda o salidas de almacén, durante dicho plazo de reposición. Y si la demanda en dicha unidad de tiempo es conocida exactamente, no habrá problema al calcular las existencias necesarias destinadas a este fin. Pero si la demanda es aleatoria, aparece un factor de incertidumbre sobre la necesidad futura de existencias para hacer frente a esta demanda.

Por esa problemática es necesario tener en almacén un número de existencias, a la hora de hacer un pedido, igual al consumo normal que tiene lugar durante el plazo de reposición, más una cierta cantidad que, aunque no se espera que salga del almacén antes de que llegue el nuevo aprovisionamiento, es de hecho necesaria para prevenir las posibles fluctuaciones imprevistas de la demanda.

También es relevante la presencia del stock de seguridad en el almacén cuando la demanda es totalmente conocida en cada unidad de tiempo sin ningún tipo de incertidumbre, pero el plazo de reposición sí adolece de este factor de incertidumbre. Cuando el plazo de reposición es aleatorio y puede fluctuar, es imprescindible abastecerse de un cierto número de existencias, suficientes para atender la demanda durante los días en que el nuevo pedido puede tardar en llegar al almacén, por encima del tiempo que se considera como plazo normal; de lo contrario, corremos el riesgo de que haya "ruptura" en el almacén, es decir, de que nos falten existencias para atender a las salidas ciertos días, si el nuevo pedido tarda en llegar un tiempo imprevisto.

$$SS = K * \sigma * T_e$$

σ = desviación estándar de la demanda

K = Factor de seguridad

T_e = Tiempo de entrega

3.1.5 INVENTARIO OBJETIVO

El inventario Objetivo se lo llama para este caso dentro de la política de inventario al número de unidades ideales para mantener un stock apropiado en base a la demanda y las fluctuaciones posibles que tiene el mercado.

El inventario objetivo se lo calcula de la siguiente forma:

$$I_o = X_{te} + SS$$

X_{te} = es la cantidad de unidades de producto que se debe tener en almacenamiento en base al tiempo que se requiera,

En el caso de estudio el inventario objetivo será calculado para una semana.

3.1.6 INVENTARIO MÁXIMO

Debido al enfoque de control de masas empleado, existe el riesgo que el nivel del inventario pueda llegar demasiado alto para algunos artículos. Por lo tanto se establece un nivel de inventario máximo. Se mide en meses de demanda pronosticada, y la variación del excedente [4].

$$M_x = 2I_o - SS$$

I_o = Inventario objetivo

SS = Stock de seguridad

3.2 POLÍTICA DE INVENTARIOS

Para las empresas comercializadoras de productos importados, es necesario tener políticas de inventarios acordes con sus modelos de negocios, que aseguren la rentabilidad de sus inversiones, evitando costos incurridos por pedidos no atendidos, minimizando inventarios de productos obsoletos, reduciendo sus costos logísticos de operaciones en la distribución.

Con esa finalidad la empresa en estudio, aplica el método llamado PEPS (primero en expirar, primero en salir). Este control ayuda a evitar el alto costo por productos obsoletos, que se generaría de no aplicarse.

Revisiones periódicas de los saldos en comparación con las demandas mensuales reportadas en los datos históricos, van a incidir en las cantidades de productos a programar en la planificación de la producción (también llamado costo de adecuación a la impresión de tinta).

Para aplicar las políticas de inventarios, es necesario utilizar herramientas estadísticas de análisis de los datos, como:

- Medidas de tendencia central
- Medidas de dispersión

3.3 MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL

Son aquellas medidas que permiten determinar el valor hacia el cual tienden a aproximar los datos o también llamado punto central. A estas medidas se las suele llamar estimadores o estadígrafos, cuando están dentro del análisis de la muestra. Entre las medidas de tendencia central, existen:

- Media
- Mediana
- Moda

3.3.1 MEDIA

Es la medida de posición central más utilizada, la más conocida y la más sencilla de calcular, debido principalmente a que sus ecuaciones se prestan para el manejo algebraico, lo cual la hace de gran utilidad. Su principal desventaja radica en su sensibilidad al cambio de uno de sus valores o a los valores extremos demasiado grandes o pequeños. La media se define como la suma de todos los valores observados, dividido por el número total de observaciones.

$$\text{Media Aritmética} = \frac{\text{Suma de todos los valores observados}}{\text{Número total de observaciones}}$$

Ecuación 3.3.1-A

Cuando los valores representan una población la ecuación se define como:

$$\bar{\mu} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{N} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{N}$$

Ecuación 3.3.1-B

Donde ($\bar{\mu}$) representa la media, (N) representa el tamaño de la población y (Xi) representa cada uno de los valores de la población. Ya que en la mayoría de los casos

se trabajan con muestras de la población todas las ecuaciones que se presenten a continuación serán representativas para las muestras. La media aritmética para una muestra está determinada como

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Ecuación 3.3.1-C

Donde (\bar{X}) representa la media para la muestra, (n) el tamaño de la muestra y (Xi) representa cada uno de los valores observados. Esta fórmula únicamente es aplicable si los datos se encuentran desagrupados; en caso contrario debemos calcular la media mediante la multiplicación de los diferentes valores por la frecuencia con que se encuentren dentro de la información; es decir,

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i n_i}{n}$$

Ecuación 3.3.1-D

Donde (Yi) representa el punto medio de cada observación, (ni) es la frecuencia o número de observaciones en cada clase y (n) es el tamaño de la muestra siendo igual a la suma de las frecuencias de cada clase.

3.4 MEDIDAS DE DISPERSIÓN

Son aquellas medidas, que permiten conocer los datos que se encuentran más alejados del punto central de referencia o qué tanto está dispersos de su valor promedio o media. Las medidas de dispersión más importantes son:

- Varianza
- Desviación estándar

3.4.1 VARIANZA

Esta medida nos permite identificar la diferencia promedio que hay entre cada uno de los valores respecto a su punto central (Media \bar{X}). Este promedio es calculado, elevando cada una de las diferencias al cuadrado (con el fin de eliminar los signos negativos), y calculando su promedio o media; es decir, sumado todos los cuadrados de las diferencias de cada valor respecto a la media y dividiendo este resultado por el número de observaciones que se tengan. Si la varianza es calculada a una población (Total de componentes de un conjunto), la ecuación sería:

$$\sigma^2 = \frac{(X_1 - \bar{\mu})^2 + (X_2 - \bar{\mu})^2 + (X_3 - \bar{\mu})^2 + \dots + (X_n - \bar{\mu})^2}{N} = \frac{\sum (X_i - \bar{\mu})^2}{N}$$

Ecuación 3.4.1-A

Donde (σ^2) representa la varianza, (X_i) representa cada uno de los valores, ($\bar{\mu}$) representa la media poblacional y (N) es el número de observaciones ó tamaño de la población. En el caso que estemos trabajando con una muestra la ecuación que se debe emplear es:

$$s^2 = \frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + (X_3 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{(n - 1)} = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{(n - 1)}$$

Ecuación 3.4.1-B

Donde (S^2) representa la varianza, (X_i) representa cada uno de los valores, (\bar{X}) representa la media de la muestra y (n) es el número de observaciones o tamaño de la muestra. Si nos fijamos en la ecuación, notaremos que se le resta uno al tamaño de la muestra; esto se hace con el objetivo de aplicar una pequeña medida de corrección a la varianza, intentando hacerla más representativa para la población. Es necesario resaltar que la varianza nos da como resultado el promedio de la desviación, pero este valor se encuentra elevado al cuadrado.

3.4.2 DESVIACIÓN ESTÁNDAR

Esta medida nos permite determinar el promedio aritmético de fluctuación de los datos respecto a su punto central o media. La desviación estándar nos da como resultado un valor numérico que representa el promedio de diferencia que hay entre los datos y la media. Para calcular la desviación estándar basta con hallar la raíz cuadrada de la varianza [6], por lo tanto su ecuación sería:

$$S = \sqrt{S^2}$$

Ecuación 3.4.2

A continuación se mostrara la composición de los productos que participan del estudio efectuado.

3.5 CLASIFICACIÓN DE PRODUCTOS SEGÚN LÍNEA Y PRESENTACIÓN

3.5.1 LÍNEAS DE PRODUCTOS

Se puede observar que el 61% de los productos pertenecen a la clase shampoo, mientras que el 25,4% pertenecen a la clase acondicionador, el 7.3% y el 6.3% pertenecen a las clases cremas de peinar y tratamiento capilar respectivamente.

TABLA 3.5.1 LÍNEAS DE PRODUCTOS

Líneas de Productos	Cantidad de productos	Frecuencia Relativa
---------------------	-----------------------	---------------------

Acondicionador	52	25,4%
Shampoo	125	61,0%
Crema de peinar	15	7,3%
Tratamiento Capilar	13	6,3%
Total	205	100,0%

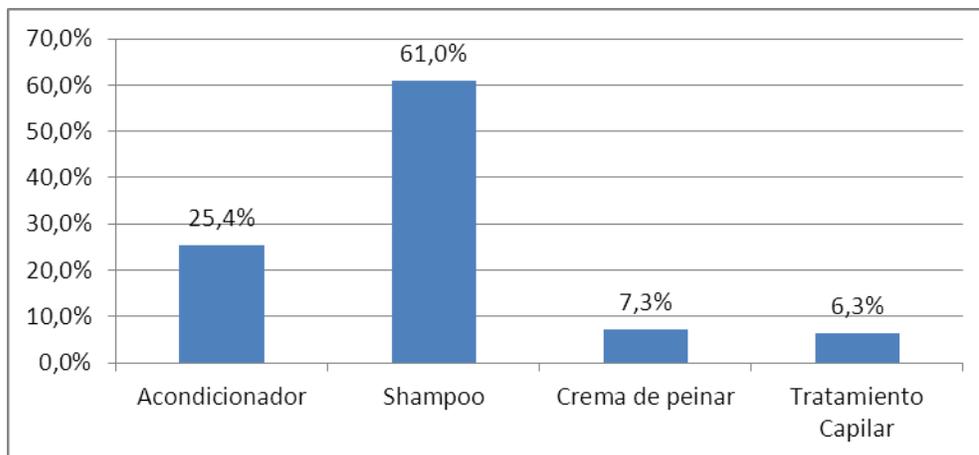


GRÁFICO 3.5.1 LÍNEAS DE PRODUCTOS FRECUENCIA RELATIVA

3.5.2 PRESENTACIONES POR PRODUCTO

La forma del envase es otro elemento que influye considerablemente en la percepción del shampoo por parte del consumidor. Actualmente, se imponen los envases pequeños (300 - 500 cc) y dinámicos frente a los antiguos recipientes de mayor tamaño y menos funcionales.

En la siguiente Tabla 3.5.2 se puede observar cómo están compuestos los productos según la capacidad en mililitros que contiene el envase, según los datos analizados el 36.1% tienen como presentación envases de 400 ml, el 27.8% tienen como presentación envases 300 ml, le sigue con el 21.5% productos con envases de 300 ml,

mientras que el 9.8% de los productos tienen como presentación envases de 700 ml, el 3.4% pertenece a productos que se encuentran en envases de 150 ml. El resto de los productos tienen como presentación envases de 500 ml y 15 ml los cuales son representados por el 1% y 0.3% respectivamente.

TABLA 3.5.2 PRESENTACIONES POR PRODUCTOS

Presentación	Cantidad de Productos	Frecuencia Relativa
15	1	0,5%
150	7	3,4%
200	44	21,5%
300	57	27,8%
400	74	36,1%
500	2	1,0%
700	20	9,8%
Total	205	100,0%

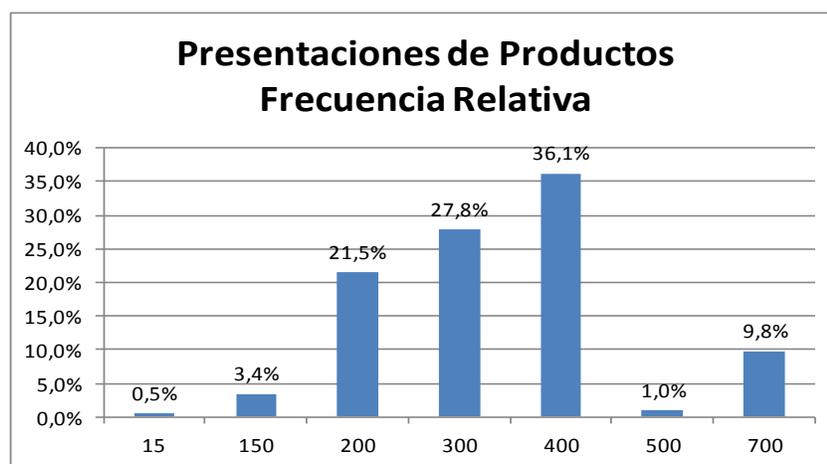


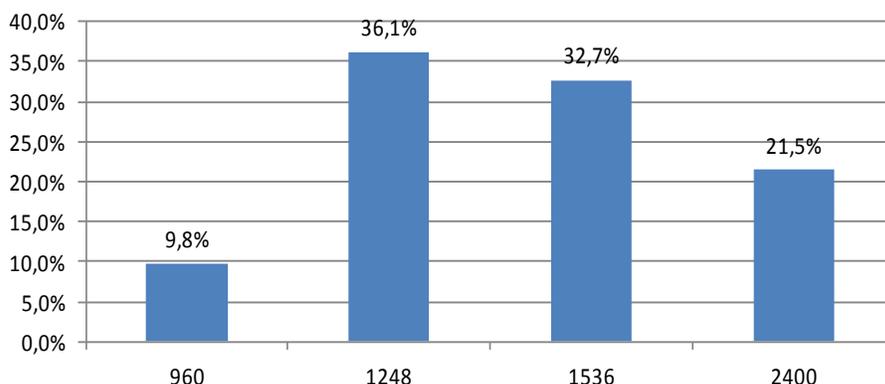
GRÁFICO 3.5.2 PRESENTACIONES DE PRODUCTOS FRECUENCIA RELATIVA

3.5.3 CANTIDAD DE PRODUCTO SEGÚN UNIDADES POR PALLET

En este análisis se puede observar la distribución de los productos según la cantidad de unidades que se pueden ubicar en un pallet, el 36.1% de los productos están clasificados en pallets que contienen 1248 unidades, el 32.7% se encuentran en pallets que contienen 1536 unidades, 21.5% tienen como clasificación de 2400 unidades por pallet y el 9.8% de productos tienen 960 unidades por pallet.

**TABLA 3.5.3 CANTIDAD DE UNIDADES POR PALLETS SEGÚN PRODUCTO
FRECUENCIA RELATIVA**

Cantidad por Pallet	Numero de Ítems	Frecuencia Relativa
960	20	9,8%
1248	74	36,1%
1536	67	32,7%
2400	44	21,5%
Total General	205	100,0%



**GRÁFICO 3.5.3 CANTIDAD DE UNIDADES POR PALLETS SEGÚN PRODUCTO
FRECUENCIA RELATIVA**

3.6 TOMA DE INVENTARIO FISICO

La toma de inventario físico se la realiza cada tres meses, que es una forma manual de confirmar los datos registrados en el sistema de control de existencias. De encontrarse diferencias en los ítems, se aplica la verificación continua para el control.

3.7 REGISTRO Y CONTROL DE INVENTARIO

El registro de las transacciones que afectan al inventario de productos terminados, se lo realiza en el sistema BPCS, que incluye cliente, fecha, producto, cantidad, número de factura y vendedor.

Esta data sirve como datos históricos para el proceso de análisis de la demanda, adicionalmente es un soporte para el control de existencias disponibles para la venta.

3.8 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE LA LÍNEA DE IMPRESIÓN

El proceso consta de dos partes principales:

- Planificación de productos a procesar
- Programación en líneas de impresión

3.8.1 PLANIFICACIÓN DE PRODUCTOS A PROCESAR

La planificación de los productos se lo realiza tomando de referencia lo requerido por el área comercial, y se planifica los ingresos de productos al área de la bodega en tránsito, para luego pasar al área de impresión. Se toma los datos de la demanda de productos de la línea capilar para doce meses y se determinan los porcentajes según el tipo de producto.

3.8.2 PROGRAMACIÓN DE LA PLANIFICACION EN LÍNEA DE IMPRESIÓN

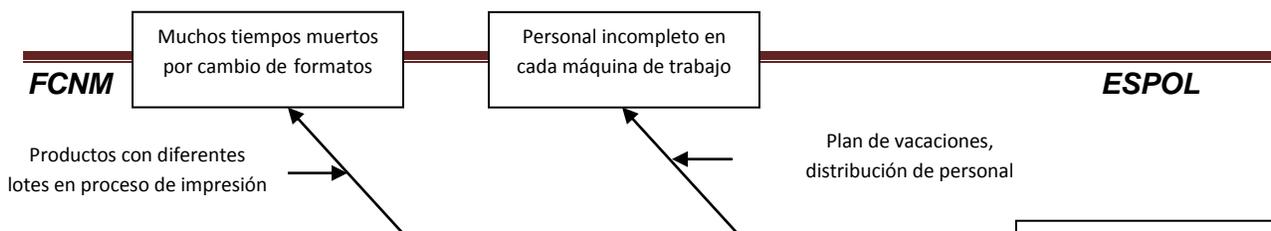
Una vez recibido los requerimientos por el área Comercial, se programa la secuencia del ingreso de los productos al área de maquila y empaque, donde existen dos máquinas de impresión a tinta, una máquina de termoencogido y dos mesas para actividades varias (colocación de alarmas, limpieza de productos, etc.).

En el área de empaque se labora en dos turnos de ocho horas cada uno, de lunes a viernes. El personal está distribuido de la siguiente forma:

- Dos personas para abastecer de producto la línea de trabajo
- Una persona que ubica el producto en la banda transportadora
- Una persona que supervisa el producto que cumpla con los requisitos de calidad
- Dos personas para empacar el producto.

Una vez que se tiene la capacidad operativa planificada, se realiza la programación de secuenciación de productos. En la actualidad este proceso es manual dependiendo de la prioridad que indique el supervisor de almacenamiento.

En este proceso se pueden determinar oportunidades de mejoras, tomando en consideración la secuenciación de productos, estableciendo las capacidades de cada máquina, eficiencias de trabajos para minimizar los tiempos de cambios de formatos, sin dejar de lado la demanda de los mismos. En base a esta problemática se ha elaborado un diagrama causa y efecto para detectar los problemas sustanciales y establecer las mejoras en cada uno de los procesos



**GRÁFICO 3.8.2 CAUSAS Y EFECTOS DE LA FALTA DE PRODUCTOS
DISPONIBLES**

CAPÍTULO IV

4.1 DESARROLLO DEL MODELO MATEMÁTICO

En este capítulo se describe el desarrollo del modelo de optimización que se ha utilizado para el proceso de planificación de la impresión de productos, lo cual garantizará minimizar los costos del tiempo perdido en la producción y planificar la producción en base a la demanda de productos según la disponibilidad de Inventario.

4.2 DESCRIPCIÓN DEL MODELO

La programación y/o planificación de producción de productos tiene como objetivo algunos puntos:

- La definición de una programación balanceada por un tiempo definido, en este caso semanal, que satisfaga la demanda en base a la optimización de las capacidades (recursos y tiempos). Se considera como dato de entrada que se cuenta con dos impresoras, que tienen una capacidad de producción diaria, así mismo el recurso humano está definido como información de entrada el cual se encuentra disponible siempre para cumplir con la capacidad de producción definida.
- Obtener la programación diaria de productos optimizada la cual garantice el menor impacto en costo.
- La programación o planificación de productos se realiza en base a una planificación empírica, lo que no garantiza que haya una adecuada optimización del proceso.

Con el diseño de un programa de optimización lo que se busca es satisfacer la demanda y mantener un inventario de producto que minimice los costos de producción sin planificación y demandas insatisfechas dado los niveles de inventarios de productos. Por lo que encontrar niveles óptimos de inventarios es lo que se tiene como objetivo principal en el desarrollo de un modelo de programación lineal.

4.3 INFORMACIÓN DE ENTRADA

4.3.1 CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN

La capacidad de producción se encuentra definida, ya que se cuenta con dos maquinas de impresión las cuales trabajan dieciséis horas y con esto se llega a tener sesenta pallets promedio por día de capacidad de impresión. En el caso del personal, se trabaja en dos turnos de ocho horas y cada máquina de impresión tiene su personal completo.

4.3.2 PRODUCCIÓN EN BLOQUE

Para darle una eficiencia de entrada al modelo se ha definido la producción por bloque, esto quiere decir que la producción de cada producto se va a dar por pallet completo, por lo que el modelo escogerá si se debe producir desde un pallets hasta seis pallets como máximo.

Con esto la suma de los pallets programados a producir debe ser mayor o igual a $\text{demanda} + \text{Inventario de Seguridad} - \text{Inventario disponible}$. Se crearán planificadores de producción los cuales estarán definidos desde un pallet hasta seis pallets (según el análisis de la demanda que se detallo en el capítulo tres) y serán escogidos según la necesidad para optimizar el modelo en base a los tiempos de cambios de formato.

4.3.3 DATOS PRINCIPALES REQUERIDOS

Para iniciar con el modelo se necesitan datos de entrada específicos como son:

- Listado de productos general,

- Estructura de la demanda por producto, esta información contiene: Demanda semanal + Inventario de Seguridad – Inventario disponible para despacho.
- Inventario disponible para impresión según producto

El inventario de seguridad se lo calcula en base a la desviación estándar del histórico de la demanda, en un periodo de tiempo dado, este inventario de seguridad al igual que el análisis de la demanda está dado por semana.

La estructura del inventario está compuesta de la siguiente forma:

Inventario disponible total = Inventario disponible para despacho + Inventario disponible para impresión.

4.3.4 MARCADORES DEL MODELO

Dentro del modelo existen tres marcadores definidos:

- Planificadores, se identifica como planificadores a la identificación por producto, por día y cantidad de pallets a realizarse, ejemplo:

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Plan0001.80651972	1	1	1	1	1

Este ejemplo nos muestra que el planificador 0001, contiene al producto 80651972, el cual podrá realizarse 1 pallets en los días Lunes a Viernes, el escoger el planificador dependerá de la optimización que el programa indique.

- Productos
- Días de Producción

Se muestran en la tabla a continuación la estructura de los marcadores definidos:

TABLA 4.3.4 MARCADORES DEL MODELO

Marcadores	Descripción de Marcadores
i	Planificadores
j	Productos
k	Días de la semana

4.3.5 VARIABLES DE DECISIÓN

En base a las variables definidas el modelo se acopla a unas restricciones y una función objetivo, estas variables mostrarán los resultados que el modelo obtiene:

TABLA 4.3.5 VARIABLES DE DECISIÓN

Variables	Descripción de Variables
$x(i,j,k)$	Decide elección planificador óptimo
$w(j)$	Identifica producción perdida
$h(j,k)$	Total de pallets producidos, clasificados por producto y por día
$m(j)$	Total de pallets producidos, clasificados por producto
$y(k)$	Variable del mix de productos elaborados

Se describirá cada una de las variables y su función principal:

$x(i,j,k)$, es una variable binaria la cual tiene como función principal determinar el planificador, el producto y el día de producción, esta variable al ser declarada binaria puede tomar los valores 0 o 1.

$w(j)$, variable de producción perdida, con esta variable se registra la demanda que se deja hacer específicamente por la falta de inventario disponible para impresión.

$h(j,k)$, indica el total de pallets producidos, esta información esta da por producto y por día.

$m(j)$, indica el total de pallets producidos clasificados por producto, esta variable dependerá a la variable binaria y la optimización del sistema.

$y(k)$, esta variable indica el mix de productos por día que se realiza según el modelo de optimización.

4.3.6 TABLAS Y PARÁMETROS

A continuación se muestran la Tabla de parámetros y la descripción de cada uno.

TABLA 4.3.6 TABLAS Y PARÁMETROS

Parámetros	Descripcion de Parámetros	Unidad de Medida
$P(i,j,k)$	Planificadores	Pallets
$N(j)$	Inventario disponible	Pallets
$b(j)$	Total a Producir	Pallets
$C(i,j,k)$	Tabla de Tiempos	Tiempo
$r(i,j,k)$	Combinaciones	Tiempo

4.3.7 FUNCIÓN OBJETIVO

El modelo se define en base a su principal ecuación, la cual tendrá como tarea principal minimizar el costo de producción en base al tiempo, buscara producir la cantidad necesaria al menor costo posible, satisfaciendo la demanda requerida.

La ecuación está dada por:

$$Z = \sum_i \sum_j \sum_k x(i, j, k) * C(i, j, k) + 9999 * w(j) - y(k);$$

Ecuación 4.3.7

Se incluye un valor constante 9999 con los siguientes fines:

- Ayudar al modelo a encontrar una minimización sobre lo producido
- Minimizar la variable producción perdida

4.3.8 RESTRICCIONES DEL MODELO

El modelo de Optimización tiene algunas restricciones las cuales están en base a las necesidades de la operación:

Restricción de la demanda

Esta restricción nos permite tener la seguridad de cumplir con la producción de la demanda, en la cual combina los planificadores, la variable binaria de decisión y la variable de pérdida de producción.

$$\forall j, \sum_i \sum_k P(i, j, k) * x(i, j, k) + w(j) \geq b(j)$$

Ecuación 4.3.8-A

Restricción de producción diaria

La restricción de producción diaria nos garantiza que se planifique como máximo 5 días en la semana.

$$\forall j, \sum_i \sum_k x(i, j, k) \leq 5$$

Ecuación 4.3.8-B

Restricción de Capacidad diaria

La restricción descrita a continuación permite que se planifique la producción en base a la capacidad del recurso que tiene la operación.

$$\forall k, \sum_i \sum_j P(i,j,k) * x(i,j,k) \leq t(k)$$

Ecuación 4.3.8-C

El parámetro t(k) representa el máximo productos a realizar diariamente, esto se lo llama el mix de producción o mezcla de productos. Esta constante nos permitirá tener una diversidad de inventarios de productos. La composición de este parámetro t(k) es el siguiente:

```
parameter t(k) mix de productos
/
lunes           60
martes          60
miercoles       60
jueves          60
viernes         60
/
```

FIGURA 4.3.8-A MIX DE PRODUCTOS

Restricción de días asignables para la producción

En esta restricción nos permite tener la flexibilidad de la producción en los cinco días o de ser necesario, en el futuro podría restringirse la producción de materiales a menos días por lo que esta variable nos permitiría tener esa opción.

$$\forall j, \sum_i \sum_k x(i,j,k) \leq 5$$

Ecuación 4.3.8-D

Existe información de entrada la cual el modelo necesita para que pueda realizar las optimizaciones, la información que se necesita es:

Cantidad a producir, se la determina por medio de la demanda histórica por cada producto menos el inventario disponible impreso.

parameter	b(j)	total a producir
/		
80651972		0
80633948		6
80629446		0
80639906		3
80644333		1
80651965		1
80636432		0
80644340		3
80638732		5
80629419		4
80639147		6
80651963		1
80652303		4
80629444		5
80633947		2
80649200		6
80650522		2
80650524		5
80652286		6
80652309		2
80652356		3
80629417		2
80629448		6
80629453		0
80636431		1
80639625		5
80639901		0
80650358		2

FIGURA 4.3.8-B TOTAL A PRODUCIR

Restricción de Mix de Productos

Por medio de esta restricción el modelo maximiza el mix de productos a realizar diariamente, se la obtiene sumando los productos realizados cada día y este valor debe

ser mayor al de la variable de la mezcla de productos $y(k)$. a continuación se muestra la ecuación de la restricción mix de productos:

$$\forall k, \sum_i \sum_k x(i, j, k) \geq y(k)$$

Ecuación 4.3.8-E

Restricción sobre inventario disponible

La restricción indica que el modelo trabaja cada producto en base al inventario disponible que tenga al momento del análisis, se muestra a continuación la ecuación de la restricción:

$$\forall k, \sum_j h(j, k) \leq N(j)$$

Ecuación 4.3.8-F

Inventario disponible, se la determina en base a la cantidad de producto disponible sin impresión.

parameter	N(j)	Inventario disponible
/		
80651972	9	
80633948	7	
80629446	16	
80639906	15	
80644333	11	
80651965	12	
80636432	15	
80644340	4	
80638732	14	
80629419	5	
80639147	13	
80651963	9	
80652303	3	
80629444	12	
80633947	13	
80649200	5	
80650522	0	
80650524	12	
80652286	9	
80652309	14	
80652356	15	
80629417	16	
80629448	15	
80629453	8	
80636431	3	
80639625	11	
80639901	8	
80650358	13	
80639124	10	
80639197	17	

FIGURA 4.3.8-C INVENTARIO DISPONIBLE

4.3.9 APLICACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO

Para efecto del presente proyecto se utilizo el software informático GAMS, el código fuente de la programación se detalla en el anexo 1. La ejecución del modelo programado se lo realizo por medio del NEOS SERVER, el cual permite de forma libre obtener los resultados.

En la figura 4.3.9 se observan los principales resultados obtenidos del modelo matemático, el mismo que hallara en base a la información dad y las restricciones del modelo, el plan optimo de producción que debe tener la operación de impresión a tinta de productos.

PLANIFICACION DE LA PRODUCCION ES:

	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	Total
80651972	0	0	0	1	0	1
80633948	0	1	0	0	2	3
80629446	0	0	0	1	0	1
80639906	0	1	0	0	0	1
80644333	0	0	1	0	0	1
80651965	0	0	1	0	0	1
80636432	0	0	0	1	0	1
80644340	0	0	1	2	0	3
80638732	0	1	2	0	0	3
80629419	0	1	0	0	2	3
80639147	0	1	0	0	2	3
80651963	0	0	1	0	0	1
80652303	0	1	0	2	0	3
80629444	0	1	0	2	0	3
80633947	0	1	0	0	0	1
80649200	0	1	0	2	0	3
80650524	0	1	0	2	0	3
80652286	0	1	0	2	0	3
80652309	0	0	1	0	0	1
80652356	0	1	0	0	0	1
80629417	0	1	0	0	0	1
80629448	0	1	0	2	0	3
80629453	0	0	0	1	0	1
80636431	0	0	1	0	0	1
80639625	0	1	2	0	0	3
80650358	0	1	0	0	0	1
80639124	0	0	1	0	0	1
80639197	0	1	0	2	0	3
80643018	1	0	0	2	0	3
80644332	0	1	0	0	2	3
80644346	0	1	0	0	2	3
80647827	0	0	1	0	0	1
80650348	0	0	1	0	0	1
80651971	0	0	0	1	0	1
80651974	1	0	0	0	0	1
80651996	1	0	0	0	2	3
80652294	0	1	0	0	2	3
80652299	0	1	0	0	2	3

FIGURA 4.3.9 PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN OBTENIDA EN GAMS

4.3.10 RESULTADOS

Los resultados en las corridas de producción que se realizaron desde el mes de mayo 2012, con el modelo matemático se puede observar que hay una mejora en los costos operacionales.

En la figura 4.3.10 se puede observar que el nivel de horas extras desde la implementación del modelo de planificación, se registra una tendencia al decremento de los valores en dólares por mes. En los primeros cuatro meses del año 2012 el valor de dólares en horas extras por mes se encontraban en un rango de 2.000 a 3.000 dolares, actualmente este rubro se encuentra entre los 500 y 1.500 dolares.

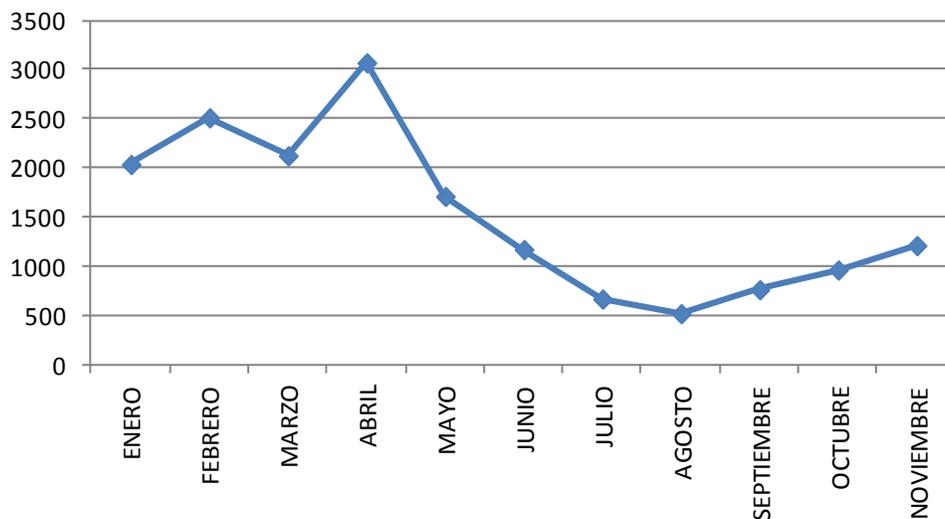


FIGURA 4.3.10-A TOTAL DÓLARES EN HORAS EXTRAS POR MES

Los ingresos en dólares se han mantenido a través del tiempo, como se evidencia en al figura 4.3.10-B, lo cual hace notar, que el modelo de planificación ha mejorado sus costos, sin que esto impacte en los ingresos por producción.

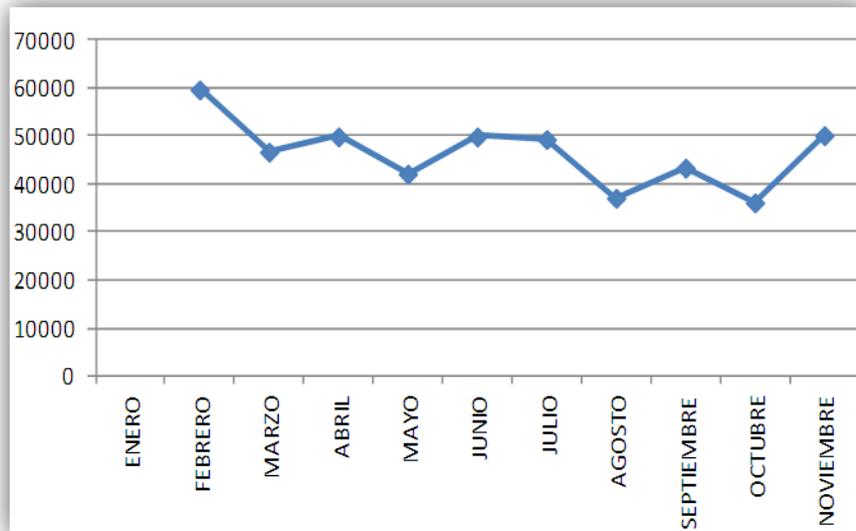


FIGURA 4.3.10-B INGRESOS EN DÓLARES POR PRODUCCIÓN

Se realizó el análisis de los inventarios en unidades almacenadas, lo cual demuestra que existe una disminución en los inventarios sin que estos afecten el servicio de distribución. Se muestra a continuación algunos detalles del inventario.

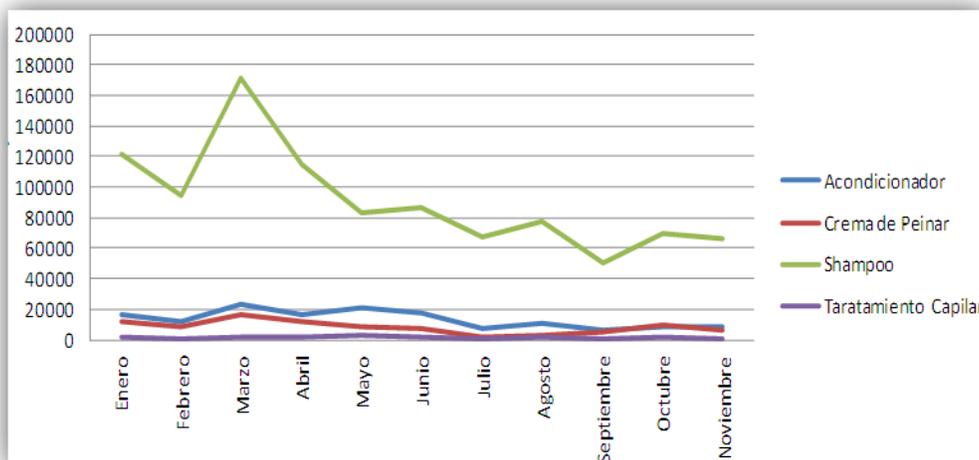


FIGURA 4.3.10-C NIVEL DE INVENTARIO (EN CAJAS) SEGÚN LÍNEAS DE PRODUCTOS

Se realiza este análisis y se compara con el nivel de servicio en función del inventario.

El nivel de servicio con respecto a los inventarios tiene un comportamiento de mejora con la implementación del modelo, ya que el mismo tiene un impacto directo en la disponibilidad del producto, como se muestra en la figura con la implementación del modelo, el índice de disponibilidad de producto aumenta con la implementación del modelo.

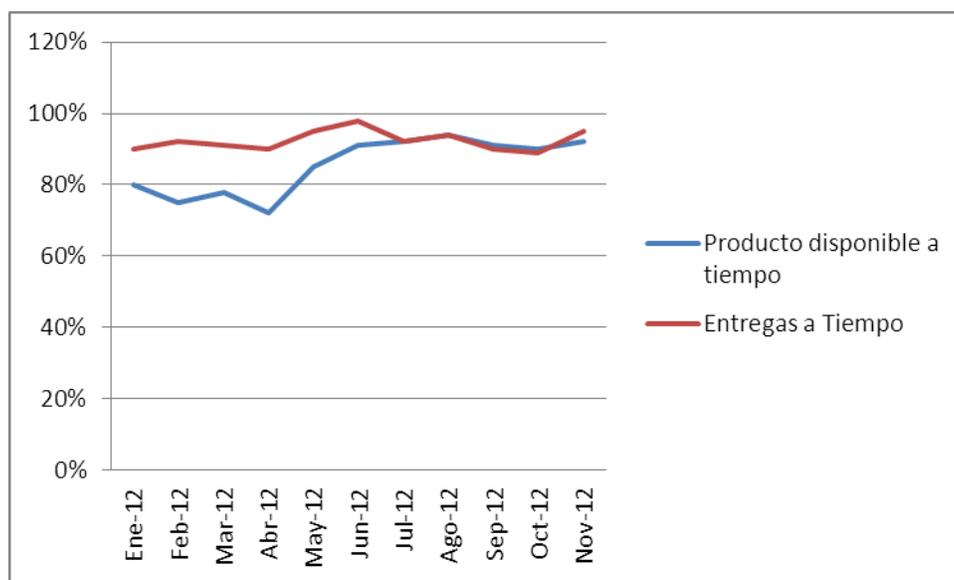


FIGURA 4.3.10-D NIVEL DE SERVICIO SEGÚN PRODUCTO DISPONIBLE A TIEMPO Y ENTREGAS A TIEMPO

CAPÍTULO V

5.1 CONCLUSIONES

- Con los resultados obtenidos desde el mes de Mayo, se puede observar que las horas extras de la operación disminuyen alrededor del 100%, el valor más bajo que se pudo ubicar las horas extras es alrededor de 500 dólares.
- De la misma forma se puede analizar los ingresos de la producción y esta se mantiene estable, por lo que se podría observar que mientras los gastos operativos desciendan, la rentabilidad probablemente tenga una tendencia a la alza.
- Con esto podemos concluir que el programa desarrollado, se encuentra resolviendo el problema de costos operativos y que su formulación es la correcta.
- Se obtendrá una planificación de producción adecuada, en la actualidad esa planificación es manual y no se toman en cuenta restricciones.
- Se obtiene un plan mejorado de producción tomando en cuenta las restricciones definidas, lo cual garantizara minimizar los costos de Operación y los tiempos muertos.
- Diversidad de códigos a producir, no solo se produce un solo código sino varios para garantizar inventario variado.
- La interpretación de la planificación es clara y sencilla, producto, cantidad y día de producción.
- Las restricciones se pueden variar en el momento que el modelo necesite.
- Mantener el inventario con producto disponible es el fin del modelo, por lo que la demanda insatisfecha por no tener producto disponible debe disminuir.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda que se perfeccione la herramienta realizando mejoras en la información de tiempos, ya que esa variable es la que permitirá obtener mejoras operacionales.
- Así mismo se recomienda trabajar con las áreas que inciden directamente en la demanda, ya que esta información permitirá conocer y producir lo que se necesita y no realizar excesos ni cantidades por debajo de requerido por los clientes.
- El personal de planificación debe ser capacitado para el mejor uso de la herramienta, así como el personal operativo ya que el cambio de la forma de trabajo, trabajar bajo pedido o factura versus trabajar con una planificación en base a la demanda, se recomienda que los supervisores de producción realicen seguimiento para que estos planes se cumplan.
- Las áreas de soporte como es la de planificación de la demanda se recomienda realizar y proponer cambios adecuados al sistema de estimación de la demanda y control de inventarios, garantizando que la interrelación de estas dos etapas satisfagan los requerimientos del mercado.
- Se recomienda un rediseño en el manejo de inventarios que garantice un cumplimiento proyectado de las metas establecidas.

BIBLIOGRAFIA

- [1] http://www.wto.org/spanish/tratop_s/tbt_s/tbt_info_s.htm OMC | Obstáculos Técnicos al Comercio - Información técnica
- [2] www.jurisint.org/pub/06/sp/doc/C05.pdf - Las normas obligatorias y las normas optativas respecto de los productos, y los reglamentos sanitarios y fitosanitarios
- [3] <http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448199316.pdf> Gestion de stock
- [4] <http://personales.upv.es/jpgarcia/LinkedDocuments/6%20Inventarios.pdf>
- [5] <http://www.ucema.edu.ar/posgrado-download/tesinas2001/Siburu-MADE.pdf>
- [6] <http://www.spssfree.com/spss/analisis1.html>, última actualización nov 2012
- ANDERSON Williams. “Estadística para administración y economía”. 10ma. Edición. México Cengage Learning, 2008.
- GUERRERO Viviana. “Implementación de un sistema de estimación de la demanda y control de inventarios en una empresa comercializadora de productos de consumo masivo” Guayaquil, Ecuador, 2003.
- VEGA Víctor. “Diseño de un modelo matemático aplicado a la secuencia y balanceo de ordenes de trabajo en una empresa productora de yogurt” Guayaquil, Ecuador, 2010.
- PEÑA Víctor y ZUMELZU Lillo. “Estado del arte del job shedulling problema” Valparaíso, Chile, 2006.
- ABARCA Alfredo. “El problema de la programación de las ordenes de producción” San Antonio Buenavista, Toluca, Estado de México, 201
- SERVICIOS AL EXPORTADOR, Perú, 2010, Ministerio de relaciones exteriores

ANEXO 1

SET i PLANIFICADORES /Plan0001 * Plan1230/;

SET j PRODUCTO

/

80651972

80633948

80629446

80639906

/

SET k días /Lunes,Martes,Miercoles,Jueves,Viernes/;

TABLE P(i,j,k) planificadores

	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes
Plan0001.80651972	1	1	1	1	1
Plan0002.80633948	1	1	1	1	1
Plan0003.80629446	1	1	1	1	1
Plan0004.80639906	1	1	1	1	1

/

set r(i,j,k) combinaciones

/

Plan0001.80651972.(Lunes,Martes,Miercoles,Jueves,Viernes)

Plan0002.80633948.(Lunes,Martes,Miercoles,Jueves,Viernes)

Plan0003.80629446.(Lunes,Martes,Miercoles,Jueves,Viernes)

Plan0004.80639906.(Lunes,Martes,Miercoles,Jueves,Viernes)

/

TABLE C (i,j,k) tabla de costos

Lunes Martes Miercoles Jueves Viernes

Plan0001.80651972 10 11 12 13 14

Plan0002.80633948 10 11 12 13 14

Plan0003.80629446 10 11 12 13 14

Plan0004.80639906 25 26 27 28 29

/

parameter b(j) total a producir

/

80651972 0

80633948 6

80629446 0

80639906 3

/

parameter N(j) Inventario disponible

/

80651972 9

80633948 7

80629446 16

80639906 15

/

parameter t(k) mix de productos

/

lunes 60

martes 60

miercoles 60

jueves 60

viernes 60

/

VARIABLES

$x(i,j,k)$ variable binaria

$w(j)$ variable de producción perdida

$h(j,k)$ contador 1

$m(j)$ contador 2

$y(k)$ Variable del mix

Z función objetivo

* $q(i,j)$ contador 3 de capacidad

positive variable h,m,w,y

binary variable x ;

EQUATIONS

objetivo función objetivo

demanda(j) restricción de la demanda

rest1(j) restricción de max número de x en la semana

cap_diaria(k) restricción de la capacidad diaria

rest2(i,j) restricción de variable binaria

suma(j,k) contador de palets según planificador y día

suma2(j) acumulador de pallets por producto en planificación semanal

suma3(k,j) restricción de variable binaria

suma4(k) restricción del mix de productos

suma5(j) restricción sobre inventario Disponible

*suma6(i,j) contador de pallets según el día

\$ontext

\$offtext;

```

Objetivo..      Z =e= sum((i,j,k)$r(i,j,k),x(i,j,k)*C(i,j,k)+9999*w(j)-y(k));

demanda(j)..    sum((i,k)$r(i,j,k),P(i,j,k)*x(i,j,k))+w(j) =g= b(j);

rest1(j)..      sum((i,k)$r(i,j,k),x(i,j,k)) =l= 5;

cap_diaria(k).. sum((i,j)$r(i,j,k),P(i,j,k)*x(i,j,k)) =l= t(k);

rest2(i,j)..    sum((k)$r(i,j,k),x(i,j,k)) =l= 1;

suma(j,k)..     sum((i)$r(i,j,k),P(i,j,k)*x(i,j,k)) =e= h(j,k);

suma2(j)..      sum(k,h(j,k)) =e= m(j);

suma3(k,j)..    sum((i)$r(i,j,k),x(i,j,k)) =l= 1;

suma4(k)..      sum((j,i)$r(i,j,k),x(i,j,k)) =g= y(k);

suma5(j)..      sum(k,h(j,k))=l= N(j);

*suma6(i,j)..   sum((k)$r(i,j,k),P(i,j,k)*x(i,j,k)) =e= q(i,j);

model Produccion /all/;

solve Produccion using mip Minimizing Z

display x.l, Z.l, h.l, m.l, y.l, w.l

FILE SOLUCION /D:\PLANIFICACION.TXT/;

PUT SOLUCION;

PUT "PLANIFICACION DE LA PRODUCCION ES: "///;

PUT "          LUNES    MARTES    MIERCOLES    JUEVES    VIERNES"///;

LOOP (j $ (m.l(j) ge 1), PUT j.TL:40, h.l(j,"lunes"):15, h.l(j,"martes"):15, h.l(j,"miercoles"):15,
h.l(j,"jueves"):15, h.l(j,"viernes"):15/);

put //

PUT "PRODUCCION PENDIENTE SE MUESTRA A CONTINUACION: "///;

put "Producto          Cantidad "///;

LOOP (j $ (w.l(j) ge 1), PUT j.TL:35, w.l(j)/);

put //

```