

ANALISIS Y DISEÑO DE PROPUESTAS DE MEJORAS PARA EL SISTEMA DE
PRODUCCIÓN DE CINTA DE ENMASCARAR EN CELLUX COLOMBIANA S.A.

HECTOR JOSÉ MERLANO HERNÁNDEZ
LUIGI ANTONIO SANGREGORIO BELTRAN

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TITULO DE INGENIERO
INDUSTRIAL

ASESOR
JAIME ACEVEDO CHADID

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
MINOR EN PRODUCTIVIDAD Y LOGISTICA
CARTAGENA DE INDIAS, D.T. Y C

2007

NOTAS DE ACEPTACIÓN

Primer Jurado

Fecha _____ **Jurado** _____

Segundo Jurado

Fecha _____ **Jurado** _____

Cartagena de Indias D.T. y C. Octubre de 2007

Señores:

COMITÉ DE PROYECTO DE GRADO
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR.
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SEDE TERNERA.

Cartagena de Indias D.T. y C.

Apreciados señores, Comité de proyecto de grado.

Con respeto me permito presentarle el proyecto de grado que lleva por título:
“ANÁLISIS Y DISEÑO DE PROPUESTAS DE MEJORAS PARA EL SISTEMA DE
PRODUCCIÓN DE CINTA DE ENMASCARAR EN CELLUX COLOMBIANA S.A.”.
Elaborado por los estudiantes de Ingeniería Industrial HECTOR JOSE MERLANO
HERNANDEZ y LUIGI SANGREGORIO BELTRAN del cual yo fui su asesor. Por
lo antes expuesto firmo para su constancia.

Atentamente,

Ing. JAIME ACEVEDO CHADID

C.C. # _____

Cartagena de Indias D.T. y C. Octubre de 2007

Señores:

**CONSEJO DE FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL
UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR.
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SEDE TERNERA.**

Estimados señores; Consejo de Facultad de Ingeniería Industrial.

Con respeto nos dirigimos a ustedes para hacer entrega de la Monografía que lleva por título: “ANALISIS Y DISEÑO DE PROPUESTAS DE MEJORAS PARA EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE CINTA DE ENMASCARAR EN CELLUX COLOMBIANA S.A.”, como requisito para optar él titulo de Ingeniero Industrial. Espero que este proyecto sea de su total agrado.

Agradecemos su amable atención,

HECTOR MERLANO HERNANDEZ

C.C. 73.196.825 de Cartagena, Bolívar

LUIGI ANTONIO SANGREGORIO BELTRAN

C.C. 73.200.897 de Cartagena Bolívar

CONTENIDO

	Pág.
<u>NOTAS DE ACEPTACIÓN.....</u>	<u>2</u>
<u>COMITÉ DE PROYECTO DE GRADO.....</u>	<u>3</u>
<u>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR.....</u>	<u>3</u>
<u>CONSEJO DE FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.....</u>	<u>4</u>
<u>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR.....</u>	<u>4</u>
<u>1.1 OBJETIVO GENERAL.....</u>	<u>13</u>
<u>1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</u>	<u>13</u>
<u>2. ALCANCE.....</u>	<u>15</u>
<u>3. GENERALIDADES DEL PROYECTO.....</u>	<u>16</u>
<u>3.1 GENERALIDADES DE LA EMPRESA.....</u>	<u>16</u>
<u>3.1.1 Razón social.....</u>	<u>16</u>
<u>3.1.2 Quiénes somos.....</u>	<u>16</u>
<u>3.1.3 Misión.....</u>	<u>17</u>
<u>3.1.4 Visión.....</u>	<u>17</u>
<u>3.1.5 Política de Calidad.....</u>	<u>18</u>
<u>3.1.6 Proceso productivo de la línea de Enmascarar.....</u>	<u>18</u>
<u>3.1.7 Productos.....</u>	<u>22</u>
<u>3.2 HABLANDO UN POCO DE MRP Y PRONÓSTICO DE PROCESOS.....</u>	<u>25</u>
<u>3.2.1 Pronóstico de la demanda.....</u>	<u>25</u>
<u>3.2.2 MRP.....</u>	<u>33</u>
<u>3.2.3 MRP II.....</u>	<u>34</u>
<u>4. DIAGNÓSTICO DE ESTADO ACTUAL DEL PROCESO DE CONVERSIÓN Y EMPAQUE DE CINTA DE ENMASCARAR.....</u>	<u>36</u>
<u>4.1 BAJA EFICIENCIA EN LA LÍNEA.....</u>	<u>36</u>
<u>4.2 INCUMPLIMIENTO EN LA LÍNEA.....</u>	<u>38</u>

<u>5. DISEÑO DE PROPUESTAS DE MEJORAS PARA EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE CINTA DE ENMASCARAR</u>	<u>54</u>
<u>5.1 ANÁLISIS DE FALLAS EN LA LÍNEA DE ENMASCARAR.....</u>	<u>54</u>
<u>5.1.1 Análisis de Modos de fallas Mediante “Espina de Pescado”.....</u>	<u>54</u>
<u>5.1.2 Estandarización de condiciones de operación (tensión, frenos, velocidades y programación de cuentametros) para eliminar Reviente de película.....</u>	<u>56</u>
<u>5.1.3 Cuadre de Montaje.....</u>	<u>67</u>
<u>Para que control del proceso se propone que se hagan inspecciones mensuales para verificar que el procedimiento se está cumpliendo con el procedimiento, así mismo se debe verificar que la disponibilidad de herramientas sea completa.....</u>	<u>68</u>
<u>3.1.4 FALLAS MECANICA.....</u>	<u>69</u>
<u>5.2 PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN.....</u>	<u>70</u>
<u>5.2.1 ANÁLISIS DE DATOS DE VENTAS.....</u>	<u>70</u>
<u>5.2.2 PRONOSTICO DE LA DEMANDA.....</u>	<u>75</u>
<u>5.2.3 PLANEACIÓN DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES.....</u>	<u>90</u>
<u>6. ACCIONES PROPUESTAS.....</u>	<u>98</u>
<u>7. CONCLUSIONES.....</u>	<u>103</u>
<u>8. BIBLIOGRAFÍA.....</u>	<u>104</u>

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 3-1 Proceso productivo por ancho de la cinta.....	21
Tabla 3-2 Tabla de productos de Cellux Colombiana S.A.....	24
Tabla 3-3 Enfoques para pronósticos de la demanda.....	28
Tabla 4-4 Porcentaje de eficiencia en la línea de enmascarar en el año 2006.....	37
Tabla 4-5 Cumplimiento de pedidos de enmascarar 2006.....	38
Tabla 4-6 Ventas en m2 mensuales en el 2005 y 2006.....	52
Tabla 5-7 Programación de cuentametros.....	56
Tabla 5-8 Velocidad de trabajo.....	57
Tabla 5-9 Velocidades de desaceleración.....	57
Tabla 5-10 Entrevista de condiciones de operación operario 1.....	58
Tabla 5-11 Entrevista de condiciones de operación operario 2.....	58
Tabla 5-12 Entrevista de condiciones de operación operario 3.....	58
Tabla 5-13 Ensayo de las condiciones de operación de la cinta de enmascarar en 23 mts de largo.....	59
Tabla 5-14 Ensayo de las condiciones de operación de la cinta de enmascarar en 25 mts de largo.....	60
Tabla 5-15 Ensayo de las condiciones de operación de la cinta de enmascarar en 40 mts de largo.....	61
Tabla 5-16 Resultados de condiciones de operación optimizadas.....	62
Tabla 5-17 Mejoras con condiciones de operación propuestas.....	64
Tabla 5-18 Formato “Control de condiciones de operación de maquina”.....	66
Tabla 5-19 Acciones preventivas por modo de falla en la línea de enmascarar...	69
Tabla 5-20 Ventas anuales por línea en m2	70
Tabla 5-21 Pareto de ventas por referencia en el 2005 y 2006.....	72

Tabla 5-22 Ventas totales por referencia en el 2005 y 2006.....	73
Tabla 5-23 Ventas por línea en el 2005 y 2006.....	74
Tabla 5-24 Ventas del 1er semestre en del 2005 al 2007.....	74
Tabla 5-25 Calculo del índice estacional y desestacionalización de la demanda. .	78
Tabla 5-26 Datos para aplicación de Regresión Mínimos Cuadrados.....	79
Tabla 5-27 Pronostico del 2° semestre del 2007 al 1° del 2008.....	80
Tabla 5-28 Pronostico para referencias con tendencia lineal negativa.....	82
Tabla 5-29 Pronostico de venta por cada referencia en el 2° semestre del 2007 y 1° del 2008.....	84
Tabla 5-30 Ventas segundo semestre del 2007 (At).....	85
Tabla 5-31 Pronostico segundo semestre del 2007 (Ft).....	86
Tabla 5-32 Diferencia absoluta entre At y Ft.....	87
Tabla 5-33 Diferencia entre At y Ft.....	88
Tabla 5-34 Error estándar de la regresión e índice de determinación.....	89
Tabla 5-35 Clasificación de los productos de acuerdo a su proceso.....	90
Tabla 5-36 Cantidades de materiales para la fabricación de una unidad de productos tipo A.....	92
Tabla 5-37 Cantidades de materiales para la fabricación de los productos tipo B.	93
Tabla 5-38 Requerimiento de materiales e insumos del 2° semestre del 2007 y 1° del 2008.....	93
Tabla 5-39 Horas necesarias para producir las cantidades pronosticada según el cuello de botella del proceso.....	97
Tabla 6-40 Ventas trimestrales en el 2006 por referencia.....	99
Tabla 6-41 Promedio de ventas diarias por trimestre en el 2006.....	100
Tabla 6-42 Reserva de seguridad para 15 días de inventario.....	101

LISTA DE GRAFICOS

	Pág.
Grafico 3-1 Diagrama sinóptico del proceso productivo.....	20
Grafico 3-2 Mapa de procesos de Cellux Colombiana S.A.....	21
Grafico 4-3 Tiempo improductivo por modo de falla en el 2006.....	37
Grafico 4-4 Movimientos de inventario en el 2006 en la línea 563 2423.....	40
Grafico 4-5 Ventas mensuales en la línea 563 2423.....	41
Grafico 4-6 Movimientos de inventario en el 2006 en la línea 563 1823.....	41
Grafico 4-7 Ventas mensuales en la línea 563 1823.....	42
Grafico 4-8 Movimientos de inventario en el 2006 en la línea 563 1223.....	42
Grafico 4-9 Ventas mensuales en la línea 563 1223.....	43
Grafico 4-10 Movimientos de inventario en el 2006 en la línea 583 1240.....	43
Grafico 4-11 Ventas mensuales en la línea 583 1240.....	44
Grafico 4-12 Movimientos de inventario en el 2006 en la línea 563 4840.....	44
Grafico 4-13 Ventas mensuales en la línea 563 4840.....	45
Grafico 4-14 Movimientos de inventario en el 2006 en la línea 566 2440.....	45
Grafico 4-15 Ventas mensuales en la línea 566 2440.....	46
Grafico 4-16 Movimientos de inventario en el 2006 en la línea 583 1840.....	46
Grafico 4-17 Ventas mensuales en la línea 583 1840.....	47
Grafico 4-18 Movimientos de inventario en el 2006 en la línea 563 2440.....	47
Grafico 4-19 Ventas mensuales en la línea 563 2440.....	48
Grafico 4-20 Movimientos de inventario en el 2006 en la línea 566 2425.....	48
Grafico 4-21 Ventas mensuales en la línea 566 2425.....	49
Grafico 4-22 Movimientos de inventario en el 2006 en la línea 566 4840.....	49
Grafico 4-23 Ventas mensuales en la línea 566 4840.....	50
Grafico 4-24 Movimientos de inventario en el 2006 en la línea 566 1840.....	50
Grafico 4-25 Ventas mensuales en la línea 566 1840.....	51

Grafico 4-26 Movimientos de inventario en el 2006 en la línea 566 1825.....	51
Grafico 4-27 Ventas mensuales en la línea 566 1825.....	52
Grafico 4-28 Ventas en m2 mensuales en el 2005 y 2006.....	53
Grafico 5-29 Diagrama de Isikawa (Espina de pescado) de causa de fallas en la línea de enmascarar.....	55
Grafico 5-30 Cursograma Analítico de cambio de referencia.....	68
Grafico 5-31 Porcentaje de ventas totales en m2 en 2005 y 2006 (Pasteles).....	71
Grafico 5-32 Pareto de ventas por referencia en el 2005 y 2006.....	72
Grafico 5-33 Comparativo mensual de ventas en m2 del 2005 a 1er semestre del 2007.....	75
Grafico 5-34 Ventas mensuales en m2 y línea de tendencia.....	76
Grafico 5-35 Pronostico de la demanda del Julio de 2007 a Junio de 2008.....	81
Grafico 5-36 Lista de materiales producto Tipo A.....	91
Grafico 5-37 Lista de materiales producto Tipo B.....	92
Grafico 6-38 Ventas totales en m2 por trimestre en el 2006.....	98
Grafico 6-39 Inventario de seguridad para la referencia 563C 12*23.....	101

INTRODUCCIÓN

Como es bien sabido es de vital importancia identificar las actividades fundamentales que necesitan ser mejoradas con el fin de obtener mejores resultados que permitan minimizar costos y aumentar la eficiencia y eficacia del proceso productivo para que al final esto se vea reflejado en la productividad, competitividad y por lo tanto rentabilidad de la empresa.

Con esta monografía se busca aplicar conocimientos académicos adquiridos con el fin de proponer mecanismos que permitan un aprovechamiento óptimo de los recursos, mayor control del proceso y mejoras en el sistema de producción. Así mismo, se analizarán las principales causas que generan tiempo improductivo para desarrollar propuestas con miras a aumentar la productividad, también se realizará la proyección de la demanda, con el fin de planificar los requerimientos de materiales y aumentar el cumplimiento de entrega de pedido

La labor que se realizará será una investigación aplicada, debido a que se utilizarán documentaciones teóricas, con el fin de aplicarlos y proponer alternativas de solución al problema planteado.

Esta monografía arranca con la especificación de los objetivos que se quieren alcanzar y el alcance del proyecto, en los Capítulos 1 y 2 respectivamente. Luego sigue, en el Capítulo 3, una breve explicación de las generalidades de la empresa y de los temas a tratar en este proyecto. En el capítulo 4, se realiza un diagnóstico de los problemas que afronta actualmente la empresa en su proceso productivo y

con base en este, se llevan a cabo propuestas de mejoras tales como Análisis de Fallas para el mejoramiento de la eficiencia en la línea y planificación con base en pronósticos y MRP.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar y diseñar propuestas de mejoras para el sistema de producción de cinta de enmascarar en Cellux Colombiana S.A., mediante un estudio de trabajo y Planeación de Requerimiento de Materiales, con miras a aumentar la productividad y el cumplimiento en la entrega de pedidos.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar el estado actual del proceso de conversión y empaque de cinta de enmascarar, con miras a la identificación de las situaciones que generan improductividad en el proceso de producción de cinta de enmascarar.
- Analizar las causas de tiempos muertos en el proceso de conversión y empaque de cinta de enmascarar, mediante un estudio de trabajo con el fin de proponer mejoras para reducir tiempo improductivo.
- Proyectar la demanda de la cinta de enmascarar, mediante análisis de series de tiempo, con el objeto de tener bases sólidas para planificar la producción.

- Estructurar el suministro de insumo de materiales a través de la consolidación de un plan de requerimiento de material (MRP I) que permita el cumplimiento de entrega de pedidos a los clientes en los tiempos pactados.
- Estructurar el suministro de insumo de recursos de fabricación a través de la consolidación de un plan de requerimiento de recursos (MRP II) que permita el cumplimiento de los planes de producción.
- Estructurar opciones de programación de la producción que permita el cumplimiento de los planes de producción y satisfacción del cliente.
- Establecer los mecanismos de control de la producción para garantizar la reducción de los tiempos muertos en el proceso.

2. ALCANCE

El área de investigación en la que se desarrollará el proyecto corresponde a la administración de la producción, tema de vital importancia para el adecuado aprovechamiento de los recursos disponibles.

La monografía será desarrollada en el área de producción de Cellux Colombiana S.A. ubicada en el Sector Industrial de Mamonal de Cartagena, Km 4.

La investigación estará enfocada en la planeación de la demanda, estudio del trabajo y planeación de requerimiento de materiales en el proceso de Conversión y Empaque de Cintas de Enmascarar de Cellux Colombiana S.A., como una herramienta para aumentar la productividad.

3. GENERALIDADES DEL PROYECTO

3.1 GENERALIDADES DE LA EMPRESA

A continuación se presenta una breve descripción de la empresa, su razón de ser, sus aspiraciones, sus productos y como es el proceso productivo.

3.1.1 Razón social

Cellux Colombiana S.A.

3.1.2 Quienes somos

Cellux fue fundada en 1986, pertenece al GRUPO KANGUROID, ubicada en la ciudad de Cartagena en el sector industrial de Mamonal, Km 4. Cellux Colombiana S.A. es una compañía con tecnología Suiza de la firma Cellux A.G. la cual además brindó todo su apoyo con equipos, maquinarias y materias primas.

Su objeto social es la fabricación, comercialización y distribución de toda clase de cintas adhesivas de las cuales posee una amplia gama en cuanto a usos y presentaciones. Sus cintas adhesivas se dirigen a los Mercados Industriales tales como: Industria Automotriz, refrigeración, litográfica; Mercados comerciales tales

como: papelerías, cacharrerías, colegios, ferreterías y hogar; y Mercado Exterior: Sur América, Centro América y Caribe.

CELLUX COLOMBIANA S.A. hace parte de un conjunto de empresas pertenecientes al grupo KANGUROID.

El grupo KANGUROID desde hace más de 25 años viene trabajando y participando en el desarrollo de la actividad de la Costa Atlántica, consolidándose como uno de los grandes de la región.

3.1.3 Misión

Fabricar y comercializar cintas adhesivas de excelente calidad, elaboradas mediante procesos que utilizan la tecnología mas efectiva. Contamos con un equipo humano altamente capacitado y comprometido con los valores de la empresa, para cumplir con las expectativas de nuestros clientes, accionistas, empleados y comunidad.

3.1.4 Visión

Ser la primera compañía en ventas de cintas adhesivas en los mercados de Colombia, CAN, Centro América y el Caribe, mediante el manejo de un portafolio de productos adecuados a estos mercados y ofreciendo a nuestros clientes un

valor agregado en los campos de producción, mercadeo, ventas y capacitación para lograr los márgenes de utilidad que satisfagan los objetivos de la compañía.

3.1.5 Política de Calidad

“La Calidad es un compromiso que tiene todo empleado de CELLUX COLOMBIANA S.A. en el desempeño de sus labores; se logra mediante el mejoramiento continuo en cada una de sus actividades, la participación activa de todos los niveles de la organización, el trabajo en equipo y la disponibilidad de los recursos necesarios para el mantenimiento del Sistema de Calidad.

Estamos decididos a ser líderes en el mercado de Cintas Adhesivas, suministrando productos y servicios oportunos, que satisfagan o superen las expectativas y necesidades de nuestros clientes”.

3.1.6 Proceso productivo de la línea de Enmascarar.

Planificación de producción y generación de ordenes de trabajo: Este proceso empieza con la generación de Ordenes de Trabajo, esta contiene la referencia y la cantidad de productos que se van a fabricar. Esta orden de trabajo es emitida por el Gerente de Producción (Encargado de la Planificación de la producción) y es entregada al Jefe de Almacén de Materias Primas quien se encarga de suministrar todos los insumos y MPs necesarios para la elaboración del producto. La Orden de Trabajo contiene la cantidad de tucos, cajas, papel de empaque, m² de bobinas que se requiere para elaborar el producto terminado así como las maquinas en que será procesado.

Conversión: El proceso de conversión comienza con el corte de tucos en la medida que contiene la orden de trabajo, ya sea en 12, 18, 24,38, 48 y 72 mm, en la maquina *Cortatuco*. Además se realiza la marcación de cajas con el número de la Orden de Trabajo, fecha, cantidad, referencia y medida del producto.

Las bobinas son procesadas en las maquinas *convertidoras* en este proceso intervienen grandes bobinas adhesivazas y los tucos previamente cortados para transformar cintas adhesivas en las medidas requeridas. Para esto la empresa cuenta con una maquina denominada M-3000, donde son procesados los anchos de 18 mm y 24 mm, y con una maquina denominada ARROW donde son procesados los rollos de 12mm, 38 mm, 48mm y 72 mm.

Para la conversión de las bobinas en los anchos mencionados en cada maquina se debe realizar montajes diferentes para cada ancho. El largo de la cinta se programa en el tablero de control de la maquina.

Después de que las bobinas son convertidas en rollos, estos son colocados en estibas para posteriormente ser empacados en su empaque primario. Para los rollos de anchos de 12, 18 y 24 mm se realiza un empaque individual de termosellado (empaque primario), luego estos son empacados en cajas display (empaque secundario) y por ultimo se realiza el empaque final en cajas master (empaque terciario). Las cintas de anchos 38mm, 48 mm y 72 mm no llevan empaque individual, estos se empacan directamente en la caja.

Almacenamiento y despacho: Luego de hacer el empaque final el producto es entregado al Almacén de Producto Terminado, aquí se almacenan las cajas en palets en un área determinada de la bodega para estos productos, para su posterior despacho a los clientes.

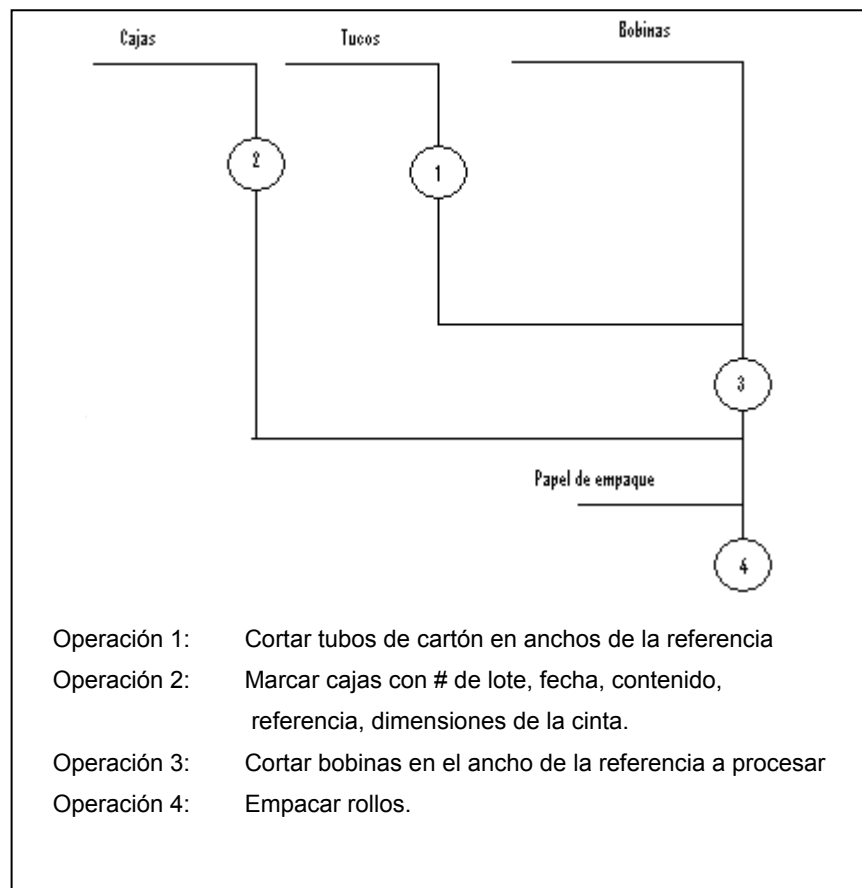


Grafico 3-1 Diagrama sinóptico del proceso productivo¹

¹ Fuente: Manual de Calidad de Cellux Colombiana S.A.

En la siguiente tabla se muestra como difiere el proceso productivo dependiendo del ancho del material a procesar.

	ANCHO (mm)					
MAQUINA	12	18	24	38	48	72
Cortatuco	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Cortadora	ARROW	M-3000	M-3000	ARROW	ARROW	ARROW
Empacadora	FLOWPACK	FLOWPACK	FLOWPACK	Sin empaque individual	Sin empaque individual	Sin empaque individual

Tabla 3-1 Proceso productivo por ancho de la cinta.²

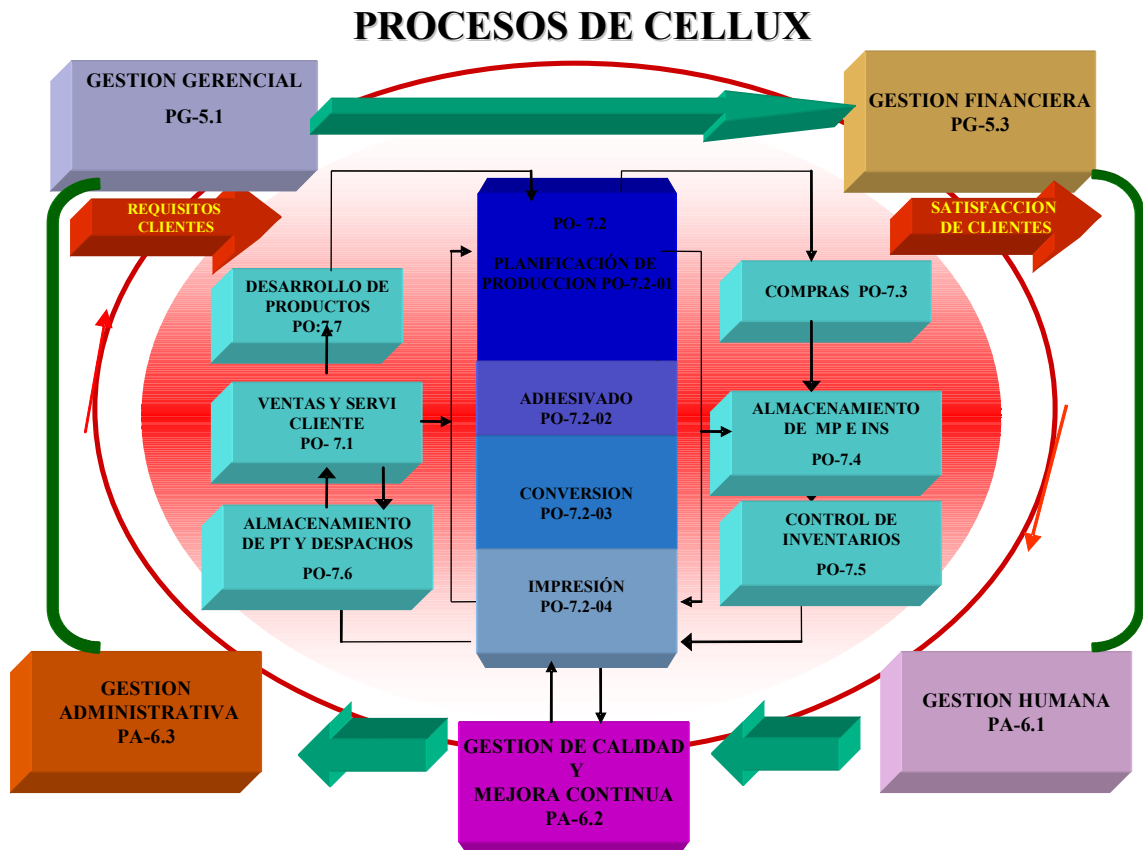


Grafico 3-2 Mapa de procesos de Cellux Colombiana S.A.³

² Fuente: Manual de Calidad de Cellux Colombiana S.A.

³ Fuente: Manual de Calidad de Cellux Colombiana S.A.

3.1.7 Productos

En la siguiente tabla se muestran los productos comercializados por Cellux Colombiana S.A.:








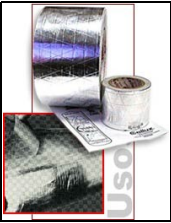


<p>C-101 C-102 Sellado Liviano</p> 	<p>C-225 Rebordear Planos</p> 
<p>C-386 Duct Tape</p> 	<p>C-300 Laminación</p> 
<p>C-400 Empalmes</p> 	<p>C-387 Aluminio Reforzado</p> 
<p>C-420 Duplo Print</p> 	<p>C-407 Tejido no Tejido</p> 
<p>C-476 Alta Fijación Exterior</p> 	<p>C-460 Adhesivar Superficies</p> 

Tabla 3-2 Tabla de productos de Cellux Colombiana S.A. (Continua en la página 23)















<p>C-484 Alta Fijación Interiores</p> 	<p>C-478 Fijación Exteriores</p> 
<p>C-563 Rotulación Liviana</p> 	<p>C-486 Fijación Interiores</p> 
<p>C-573 Cinta Crepé Profesional</p> 	<p>C-566 Enmascarar Multipropósito</p> 
<p>C-700 C-701 Empaque Liviano</p> 	<p>C-583 Cinta Crepé Horneable</p> 
<p>C-712 C-713 C-714 Alta Adhesión</p> 	<p>C-702 C-703 C-704 Empaque Multipropósito</p> 
<p>C-790 C-791 Cinta de Polietileno</p> 	<p>C-722 Empaque Industrial</p> 

Tabla 3-2 Tabla de productos de Cellux Colombiana S.A. (Continúa en la p



C-900 Cinta
Invisible



C-810 Aislante de Bajo
Voltaje



Tabla 3-2 Tabla de productos de Cellux Colombiana S.A.⁴

⁴ Fuente: Manual de Calidad de Cellux Colombiana S.A.

3.2 HABLANDO UN POCO DE MRP Y PRONÓSTICO DE PROCESOS

3.2.1 Pronostico de la demanda

Pronosticar consiste en utilizar datos pasados para determinar acontecimientos futuros. Los pronósticos a menudo son utilizados para poder predecir la demanda del consumidor de productos o servicios, aunque se pueden predecir una amplia gama de sucesos futuros que pudieran de manera potencial influir en el éxito. Los pronósticos pueden involucrar el manejo de datos históricos para proyectarlos al futuro, mediante algún tipo de modelo matemático. Puede ser una predicción del futuro subjetiva o intuitiva. O bien una combinación de ambas, es decir, un modelo matemático ajustado por el buen juicio de un administrador.

La administración de la demanda implica reconocer fuentes de demanda para los bienes y servicios de una empresa, su predicción y determinación de la manera como la empresa cumplirá con esa demanda. Las predicciones de demanda pronostican la cantidad y la duración de los bienes y servicio de una empresa.

Las instalaciones no utilizadas (esto es, exceso de capacidad) significan costos fijos excesivos; y las instalaciones inadecuadas reducen la utilidad a menos de lo que es posible. Por lo tanto, existen varias tácticas para igualar la capacidad con la demanda. Los cambios internos incluyen el ajuste del proceso para un cierto volumen a través de:

- Cambios en el personal
- Ajuste de equipos y procesos, que pueden incluir la compra de maquinaria adicional o la venta o arrendamiento de equipo existente;

- Mejoramiento de los métodos para aumentar la salida, y/o
- El rediseño del producto para facilitar más rendimiento

Clasificación de los pronósticos

- *Pronóstico a corto plazo*: Este tiene un lapso de hasta un año, pero es generalmente menor a tres meses. Se utiliza para planear las compras, programación de planta, niveles de fuerza laboral, asignaciones de trabajo y niveles de producción.
- *Pronóstico a mediano plazo*: Un pronóstico de rango mediano, o intermedio, generalmente con un lapso de tres meses a tres años. Es valioso en la planeación de producción y presupuestos, planeación de ventas, presupuestos de efectivo, y el análisis de varios planes de operación.
- *Pronóstico a largo plazo*: Generalmente con lapsos de tres años o mas, los pronósticos a largo plazo se utilizan para planear nuevos productos desembolsos de capital, localización e instalaciones o su expansión, y la investigación y el desarrollo.

Tipos de pronóstico

- *Pronósticos económicos*: marcan el ciclo del negocio al predecir las tasas de inflación, oferta de dinero, nuevas construcciones, y otros indicadores de planeación.
- *Pronósticos tecnológicos*: tienen que ver con las tasas de progreso tecnológico, que pueden dar por resultado el nacimiento de productos novedosos, que requieren nuevas plantas y equipo

- *Pronósticos de demanda:* son proyecciones de la demanda para los productos o servicios de una compañía. Estos pronósticos, también llamados pronósticos de ventas, conducen la producción de una compañía, la capacidad, y los sistemas de programación, y sirven como insumos a la planeación financiera, de mercado y de personal.

Enfoques para pronosticar

- *Pronósticos cuantitativos:* manejan una variedad de modelos matemáticos que utilizan datos históricos y/o variables causales para pronosticar la demanda
- *Pronósticos cualitativos o subjetivos:* incorporan factores importantes tales como la intuición, emociones, experiencias personales del que toma la decisión, y sistema de valores para alcanzar un pronóstico. Algunas compañías utilizan la otra; pero en la práctica una combinación o mezcla de los dos estilos es generalmente más efectivo.

Tipo de Modelo	Nombre del modelo	Descripción
Modelos Cualitativos	Método Delphi	Preguntas hechas a un grupo de expertos para recabar opiniones.
	Datos históricos	Hace analogías con el pasado de una manera razonada.
	Técnica de Grupo Nominal	Proceso de grupo que permite la participación con votación forzada.
Modelos Cuantitativos (series de tiempo)	Medida o promedio Móvil simple	Promedia los datos del pasado para predecir el futuro basándose en ese promedio.
Suavizado exponencial	Suavizado exponencial	Da pesos relativos a los pronósticos anteriores y a la demanda mas reciente
Modelos Cuantitativos Causales	Análisis de regresión	Describe una relación funcional entre las variables.
	Modelos económicos	Proporciona un pronóstico global para variables tales como el producto nacional bruto (PNB)

Tabla 3-3 Enfoques para pronósticos de la demanda

Selección de un método de pronóstico [2]

El siguiente es un marco conceptual para seleccionar entre los métodos cualitativos, por series de tiempo y causales. El marco se basa en gran parte en el estudio realizado por Wheelwright y Clarke (1976), quienes identificaron los factores que las compañías consideran importantes al seleccionar el método de pronóstico. Los factores mas importantes son los siguientes:

- *Sofisticación del usuario y del sistema:* El método de pronóstico debe ajustarse a los conocimientos y sofisticación del usuario. Debido a que los gerentes se rehúsan a utilizar los datos de técnicas que no comprenden. El método que se elige no debe ser demasiado desarrollado ni sofisticado para sus usuarios y tampoco debe estar demasiado alejado del sistema de pronóstico actual. En ocasiones los modelos mas simples pueden tener mejores resultados, por lo que la sofisticación no es el objetivo definitivo.
- *Tiempo y recursos disponibles:* La selección del método de pronóstico, dependerá del tiempo disponible para reunir los datos y preparar el pronóstico. La preparación de un pronóstico complicado para el que se deba obtener una gran cantidad de datos puede tardar varios meses y costar miles de dólares. En el caso de pronósticos rutinarios hechos por sistemas computarizados, tanto el costo como la cantidad de tiempo requerido podrían ser pequeños.
- *Disponibilidad de datos:* Los datos disponibles pueden en ocasiones limitar la elección del método de pronóstico. Los modelos econométricos pueden requerir datos que simplemente no pueden obtenerse a corto plazo, por lo tanto debe seleccionarse otro tipo de método. El método por series de tiempo Box-Jenkins requiere aproximadamente 60 datos (5 años de datos mensuales). También se debe tomar en cuenta la calidad de los datos disponibles. Si los datos son erróneos se llegará a pronósticos equivocados. Se deben revisar los datos en busca de factores extraños o puntos poco usuales.
- *Patrón de datos:* El patrón de datos afectará el tipo de método de pronóstico que se seleccione. Si la serie de tiempo es plana, se utilizará un método de primer orden. En los casos en que los datos muestren tendencias o patrones de estacionalidad, se necesitarán métodos más avanzados. El patrón de los datos también determina si es suficiente un

método por series de tiempo o si se necesitan modelos causales. Si el patrón es inestable en el tiempo, un método cualitativo será necesario. El patrón de datos es uno de los factores más importantes que afectan la selección de un método de pronóstico. Una manera de detectar el patrón es trazar los datos sobre una gráfica. Esto debe hacerse como primer paso en la actividad de pronosticar. La diferencia entre el ajuste y la predicción es un tema que se relaciona con la selección de los métodos de pronóstico. Cuando se prueban modelos diferentes con frecuencia el modelo que mejor se ajusta a los datos históricos (el que tiene menor margen de error) también es el mejor modelo de predicción. Lo cuál no es verdad. Por ejemplo, suponga que las observaciones de la demanda se obtienen en los últimos ocho periodos y que se desea ajustar el mejor modelo por series de tiempo a estos datos. Se puede hacer que un modelo de polinomios de séptimo grado se ajuste exactamente a través de cada uno de los anteriores ocho puntos de datos (El modelo sería $Y = a_1 + a_2t + a_3t^2 + a_4t^3 + a_5t^4 + a_6t^5 + a_7t^6 + a_8t^7$, en donde $t =$ tiempo). Sin embargo, este modelo no es necesariamente la mejor herramienta para presagiar el futuro. El mejor método predictivo es aquel que describe la serie de tiempo subyacente pero que no se ajusta “a fuerza” con los datos. La manera correcta de ajustar los modelos basándose en los datos del pasado es separar el modelo de ajuste y el modelo de predicción. Primero se divide el grupo de datos en dos partes. Después se ajustan varios modelos basándose en estimaciones racionales sobre la estacionalidad, tendencias y ciclicidad con el primer grupo de datos. Se utilizan estos modelos para predecir los valores para el segundo grupo de datos y el mejor modelo será aquel que tenga el mejor margen de error sobre el segundo grupo de datos. Este enfoque utiliza el ajuste sobre el primer grupo de datos y la predicción sobre el segundo como base para seleccionar un modelo.

Análisis de regresión (Modelo a utilizar)

El análisis de regresión es una técnica de pronóstico que establece una relación entre variables. Una variable se conoce y se usa para pronosticar el valor de una variable aleatoria conocida. De los datos anteriores se establece una relación funcional entre las variables. Se considera en este momento la situación de regresión más sencilla sólo para dos variables y para una relación funcional lineal entre ellas.

El pronóstico para la demanda del periodo siguiente F_t se puede expresar mediante:

$$F_t = a + bx_t$$

Donde F_t es el pronóstico para el periodo t , dado el valor de la variable X en el periodo t . Los coeficientes a y b son constantes; a es la ordenada al origen de la variable F_t y b es la pendiente de la recta. A menudo esta ecuación se expresa de una manera conocida.

$$Y = a + bX$$

Se ha sustituido F_t por Y para indicar que F_t es el valor pronosticado, la demanda pronosticada F_t indica el futuro. Para encontrar los coeficientes a y b se utiliza la demanda anterior (o histórica) en vez del pronóstico anterior. Se emplea D_t para indicar la demanda histórica y para encontrar los coeficientes a y b . Entonces, cuando se desea pronosticar la nueva demanda, se emplea F_t para representar el pronóstico de la demanda. Los coeficientes a y b pueden calcularse mediante las dos ecuaciones siguientes:

$$b = \frac{n(\sum X_t D_t) - (\sum X_t)(\sum D_t)}{n(\sum X_t^2) - (\sum X_t)^2}$$

$$a = \frac{\sum D_t - b \sum X_t}{n}$$

En donde: $D = a + bX$

El error en el pronóstico es la diferencia numérica entre la demanda pronosticada y la real es la medida que nos indica la efectividad al utilizar alguno de los métodos de pronóstico. La desviación media absoluta (MAD) es una medida de error de suma importancia y se expresa de la siguiente forma:

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n | \text{Demanda pronosticada} - \text{Demanda real} |_i}{n}$$

En cada uno de los periodos (i) se compara la demanda actual contra la pronosticada. Si la predicción fue perfecta lo que significa que lo actual es igual a la predicción el error es nulo. Como el pronóstico sigue el grado de error se acumula y se registra período a período. Después de cualquier periodo (n) transcurrido se puede usar la ecuación 1 para calcular el tamaño promedio es decir la media del error en el pronóstico hasta ese momento. El MAD es un promedio de las desviaciones absolutas esto quiere decir que los errores son medidos sin tomar en consideración el signo algebraico, el MAD solo expresa la dimensión pero no la dirección del error.

Si el pronóstico está funcionando adecuadamente quiere decir que los errores de predicción están distribuidos normalmente. Cuando esto sucede la desviación media absoluta suavizada (SMAD) puede emplearse para calcular la desviación estándar. La relación se representa como:

$$e = 1.25 \text{ SMAD}$$

La MAD suavizada exponencialmente puede ser vista como un promedio de la MAD en el tiempo. El sesgo es una medida de error que se utiliza con menor frecuencia.

$$\text{Sesgo} = \frac{\text{Suma de errores algebraicos para todos los periodos}}{\text{Número Total de periodos evaluados}}$$

$$\text{MAD} = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Demanda pronosticada} - \text{Demanda real})_i}{n}$$

A diferencia de MAD, el sesgo indica la tendencia direccional de los errores de predicción. Si el procedimiento de predicción sobreestima constantemente la demanda actual, el sesgo tendrá un valor positivo; si la subestimación muestra una tendencia constante, entonces el sesgo tendrá un valor negativo.

3.2.2 MRP

Descripción: El MRP (Material Requirement Planning) o planificador de las necesidades de material, es el sistema de planificación de materiales y gestión de stocks que responde a las preguntas de, cuánto y cuándo provisionarse de materiales. Este sistema da por órdenes las compras dentro de la empresa, resultantes del proceso de planificación de necesidades de materiales. Mediante este sistema se garantiza la prevención y solución de errores en el aprovisionamiento de materias primas, el control de la producción y la gestión de stocks.

La utilización de los sistemas MRP conlleva una forma de planificar la producción caracterizada por la anticipación, tratándose de establecer qué se quiere hacer en el futuro y con qué materiales se cuenta, o en su caso, se necesitaran para poder realizar todas las tareas de producción. Es un sistema que puede determinar de

forma sistemática el tiempo de respuesta (aprovisionamiento y fabricación) de una empresa para cada producto.

El objetivo del MRP es dar un enfoque más objetivo, sensible y disciplinado a determinar los requerimientos de materiales de la empresa. Para ello el sistema trabaja con dos parámetros básicos: tiempos y capacidades. El sistema MRP calculará las cantidades de producto terminado a fabricar, los componentes necesarios y las materias primas a comprar para poder satisfacer la demanda del mercado, obteniendo los siguientes resultados:

Los beneficios más significativos son:

- Satisfacción del cliente
- Disminución del stock
- Reducción de las horas extras de trabajo
- Incremento de la productividad
- Menores costos, con lo cual, aumento en los beneficios
- Incremento de la rapidez de entrega
- Coordinación en la programación de producción e inventarios
- Rapidez de detección de dificultades en el cumplimiento de la programación
- Posibilidad de conocer rápidamente las consecuencias financieras de nuestra planificación

3.2.3 MRP II

El sistema MRP II, planificador de los recursos de fabricación, es un sistema que proporciona la planificación y control eficaz de todos los recursos de la producción. El MRP II implica la planificación de todos los elementos que se necesitan para

llevar a cabo el plan maestro de producción, no sólo de los materiales a fabricar y vender, sino de las capacidades de fábrica en mano de obra y máquinas.

Este sistema de respuesta a las preguntas, cuánto y cuándo se va a producir, y a cuáles son los recursos disponibles para ello. Los sistemas MRP II han sido orientados principalmente hacia la identificación de los problemas de capacidad del plan de producción (disponibilidad de recursos frente al consumo planificado), facilitando la evaluación y ejecución de las modificaciones oportunas en el planificador.

Para ello y, a través del plan maestro de producción y las simulaciones del comportamiento del sistema productivo de la empresa, se tendrá el control para detectar y corregir las incidencias generadas de una manera ágil y rápida.

El sistema MRP II ofrece una arquitectura de procesos de planificación, simulación, ejecución y control cuyo principal cometido es que consigan los objetivos de la producción de la manera más eficiente, ajustando las capacidades, la mano de obra, los inventarios, los costes y los plazos de producción.

Este sistema aporta los siguientes beneficios para la empresa:

- Disminución de los costes de Stocks
- Mejoras en el nivel del servicio al cliente.
- Reducción de horas extras y contrataciones temporales
- Reducción de los plazos de contratación.

- Incremento de la productividad.
- Reducción de los costes de fabricación.
- Mejor adaptación a la demanda del mercado.

4. DIAGNOSTICO DE ESTADO ACTUAL DEL PROCESO DE CONVERSIÓN Y EMPAQUE DE CINTA DE ENMASCARAR

4.1 BAJA EFICIENCIA EN LA LÍNEA

Como se había explicado antes para la conversión y empaque de cinta de enmascarar la empresa cuenta con dos maquinas convertidoras que se encargan de convertir bobinas adhesivadas en rollos de cintas en medidas comerciales. Además cuenta con una maquina empacadora la cual ofrece empaque individual termoencogible, dos maquinas cortadoras de tubos de cartón, los cuales son utilizados para embobinar la cinta, esta maquinaria trabaja con sistemas neumático, eléctrico y mecánico. El recurso humano utilizado para la transformación y empaque de esta cinta es de 9 operarios capacitados para la operación de maquinas convertidoras, 3 operarios para la operación de maquinas cortadoras de tubos de cartón y 4 operarios de la maquina empacadora, además cuenta con 18 auxiliares de empaque que se encargan de realizar el empaque manual del producto en las cajas.

A continuación se muestra el rendimiento en la elaboración de cinta de enmascarar en el último semestre del 2006 en el proceso de Conversión de Cellux Colombiana S.A.:

MES	EFICIENCIA
JUNIO	82,45%
JULIO	84,45%
AGOSTO	86,12%
SEPTIEMBRE	85,08%
OCTUBRE	79,37%
NOVIEMBRE	84,13%
DICIEMBRE	86,54%

Tabla 4-4 Porcentaje de eficiencia en la línea de enmascarar en el año 2006⁵

Como se muestra en la tabla anterior el mes que mayor rendimiento tuvo el proceso de conversión en la fabricación de cinta de enmascarar fue diciembre con un 86.54% y teniendo en cuenta que la empresa ha trazado como meta para el 2007 un 95% de cumplimiento de estándares en la planeación estratégica de la compañía, la necesidad de aumentar la eficiencia como forma para disminuir costos de producción se hace necesario. Teniendo en cuenta lo mencionado se puede notar que en promedio un 15.98% del tiempo de producción es tiempo improductivo, a continuación se muestra el porcentaje de participación de las causas de paradas más frecuentes en el proceso de conversión.

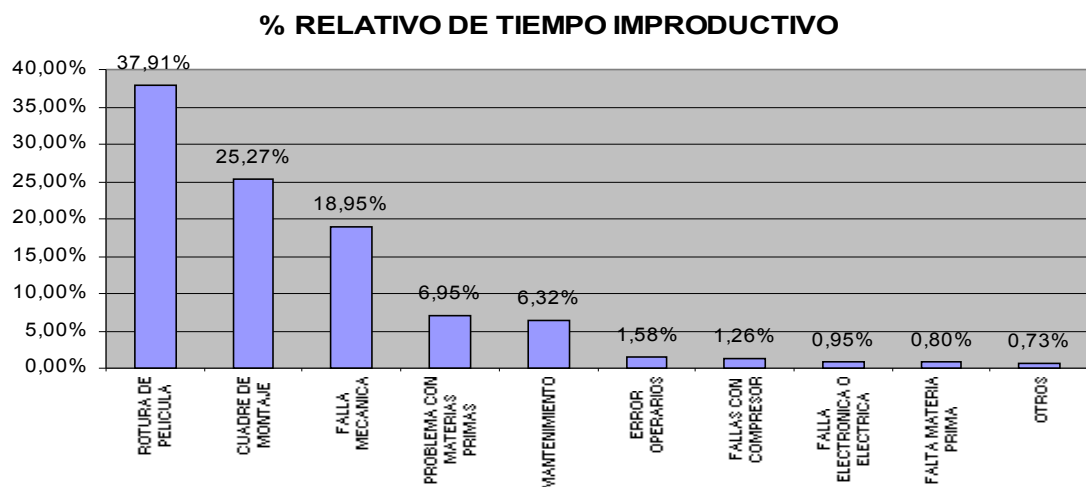


Grafico 4-3 Tiempo improductivo por modo de falla en el 2006⁶

⁵ Fuente: Informe de indicadores de gestión de la empresa

⁶ Fuente: Informe de indicadores de gestión de la empresa

Como se puede observar las causas de paradas más significativas en el proceso de conversión son por rotura de película, cuadro de montaje y fallas mecánicas, las cuales contienen el 82.13% del total de tiempo improductivo.

4.2 INCUMPLIMIENTO EN LA LÍNEA

Además de lo mencionado anteriormente la empresa presenta una baja en el cumplimiento de entrega de pedidos la cual se ocasiona principalmente por el inadecuado suministro de Materias primas, esta causa no se refleja en la grafica anterior simplemente por que este es una línea compartida por otras referencias, lo que genera que si no hay materia prima para la línea de estudio se pueden fabricar otras líneas. Dicho incumplimiento se da por la llegada tardía de insumos, en ocasiones por falta de liquidez de la empresa, lo cual se ve reflejado en el porcentaje de cumplimiento de entrega de pedidos, esta situación se convierte en una desventaja frente a otros competidores. A continuación se muestra el porcentaje de cumplimiento de entrega del último semestre del 2006:

MES	Nº PEDIDOS ENTREGADOS EN EL PLAZO PACTADO	Nº PEDIDOS NO ENTREGADOS EN EL PLAZO PACTADO	Nº TOTAL DE ENTREGAS	%CUMPLIMIENTO
JULIO	287	119	406	70,69%
AGOSTO	263	105	368	71,47%
SEPTIEMBRE	275	117	392	70,15%
OCTUBRE	285	100	385	74,03%
NOVIEMBRE	268	95	363	73,83%
DICIEMBRE	278	115	393	70,74%
TOTAL	1656	651	2307	71,78%

Tabla 4-5 Cumplimiento de pedidos de enmascarar 2006⁷

⁷ Fuente: Resumen generado por el software de la empresa SP6

El producto que será objeto de estudio es la línea de enmascarar, por los motivos descritos en la descripción del problema, además este producto se ha seleccionado debido a que es una de las líneas con mas participación en las ventas. La línea de enmascarar se compone de: enmascarar multipropósito, rotulación liviana, cinta de crepe horneable y la cinta de crepe profesional.

Esto también lo podemos evidenciar realizando la grafica de movimiento de inventario de cada referencia. Tomamos las salidas y entradas diarias en el año 2006 y mediante el inventario promedio realizamos las graficas que se muestran a continuación, se pueden observar en la grafica los sube y baja que representan respectivamente:

- las entradas de productos a almacén debido a la producción,
- y las salidas de material debido a las ventas. Estas se caracterizan por tener una pendiente o cuesta, que entre mas inclinada este significa que las ventas en ese periodo son mas repetitivas.

Las graficas están mostradas en orden de porcentaje de ventas, desde la referencia mas vendida. Solo se muestran las 12 referencias más vendidas que generan el 80% del total de las ventas.

Seguido de cada grafica de movimientos se muestra la grafica de ventas mensuales en m² por referencia también el 2006, con lo cual conseguiremos hacer la siguiente analogía:

En todas las graficas de movimientos de inventario se puede observar una tendencia muy parecida en las graficas, se puede notar un fuerte movimiento en el primer semestre del año, el cual se ve disminuido a partir del 8º mes, en donde se

nota un decrecimiento. Las ventas disminuyen y la pendiente de consumo disminuye con menos velocidad.

Además se observa como en el segundo semestre del 2006 la mayoría de los productos, comenzando por los más importantes, tuvieron varios momentos de existencias iguales a cero, lo que refleja el indicador de incumplimiento de la tabla. Esto talves se dio ya que las ventas en Agosto, Septiembre y Octubre estuvieron muy bajas, con respecto a los primeros meses del año, y luego hubo un repentino crecimiento en los dos últimos meses del año. Toda esta información fue extraída del software de la empresa SP6 y procesada en hojas de calculo en Excel.

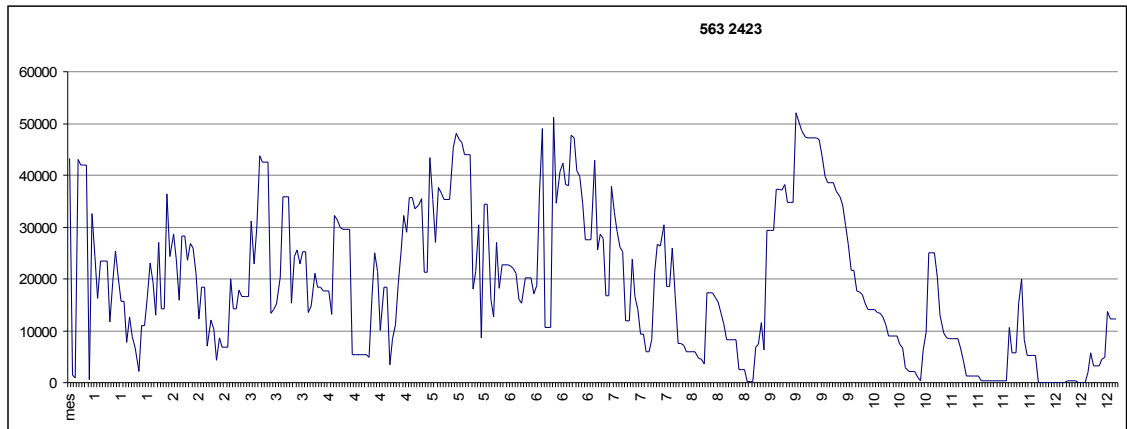


Grafico 4-4 Movimientos de inventario en el 2006 en la línea 563 2423

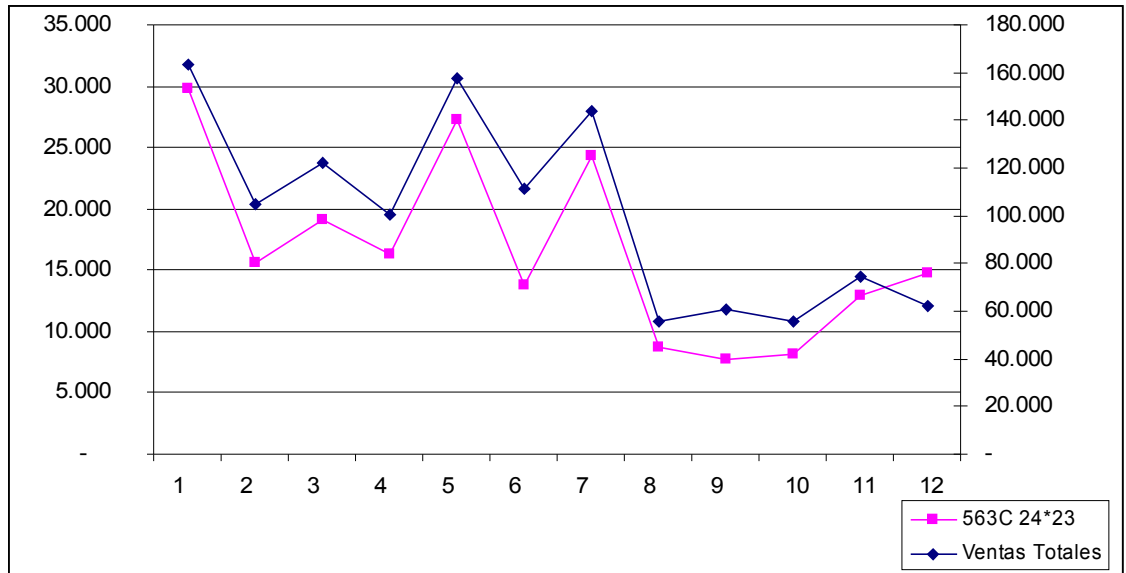


Grafico 4-5 Ventas mensuales en la línea 563 2423

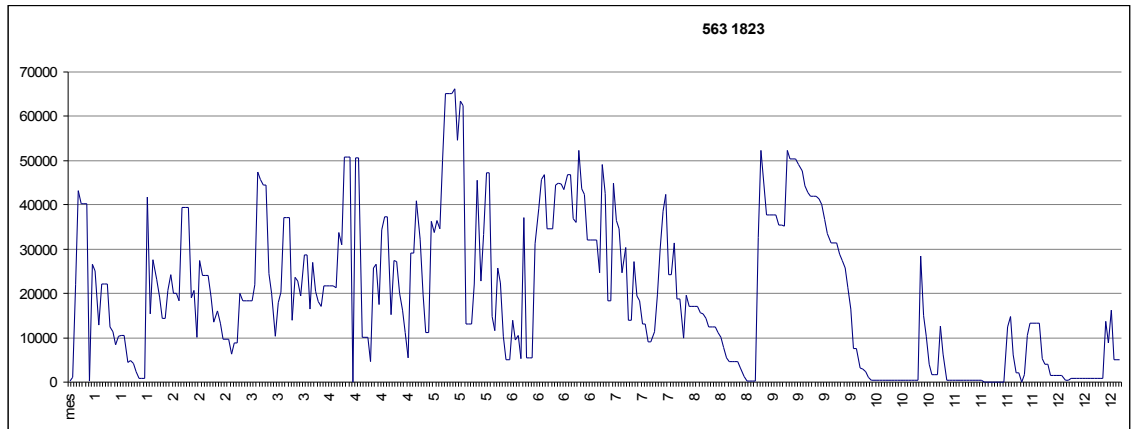


Grafico 4-6 Movimientos de inventario en el 2006 en la línea 563 1823

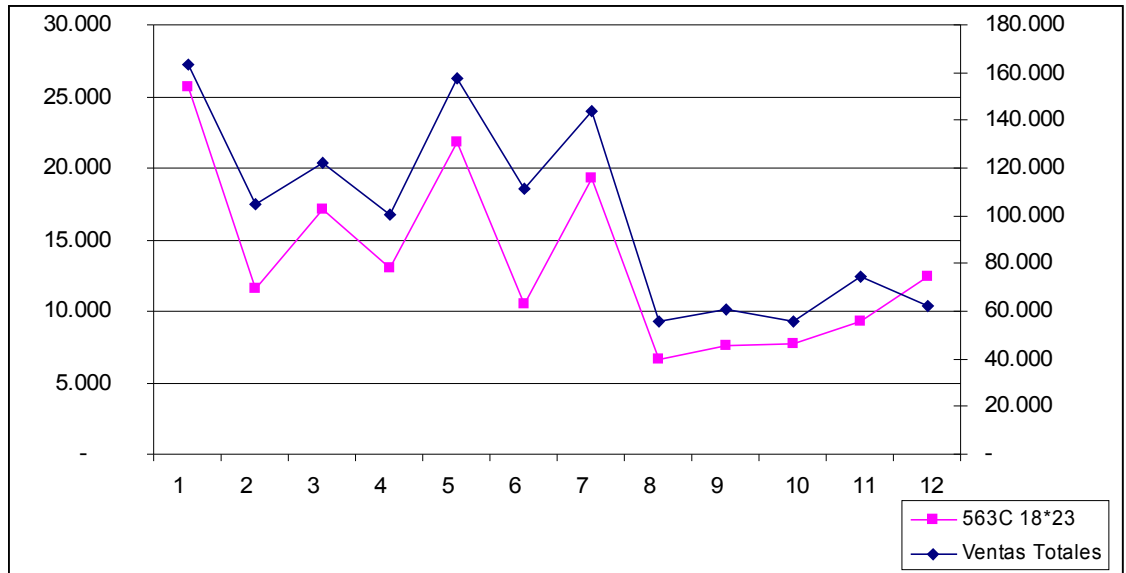


Grafico 4-7 Ventas mensuales en la línea 563 1823

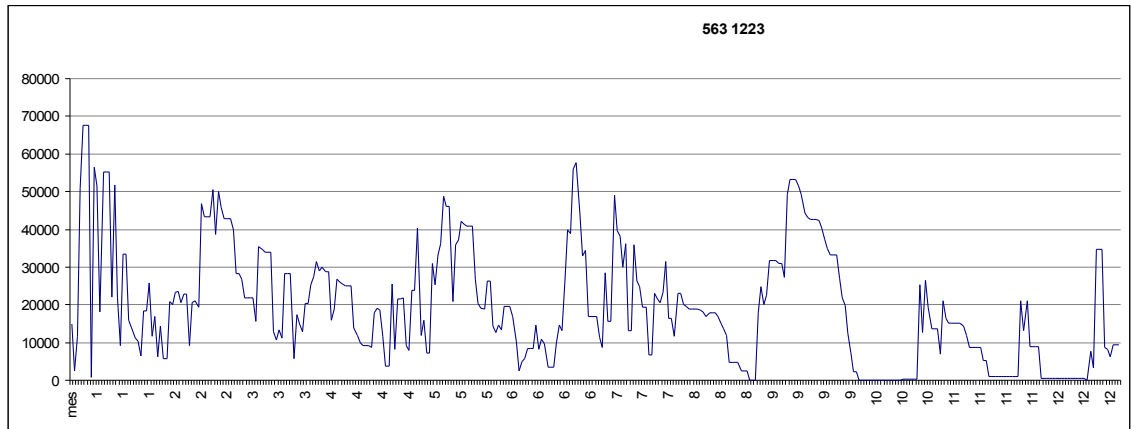


Grafico 4-8 Movimientos de inventario en el 2006 en la línea 563 1223

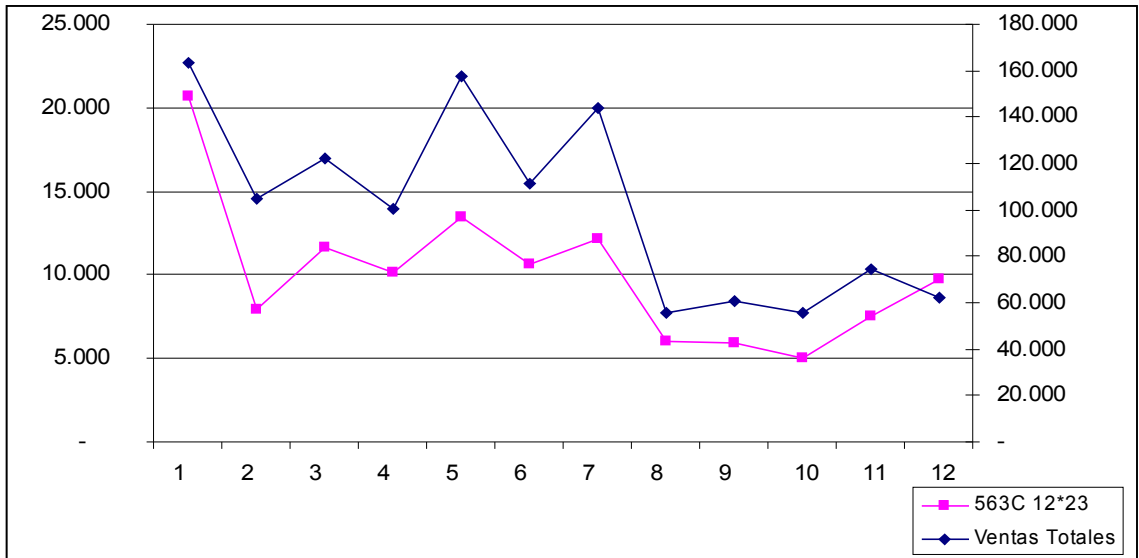


Grafico 4-9 Ventas mensuales en la línea 563 1223

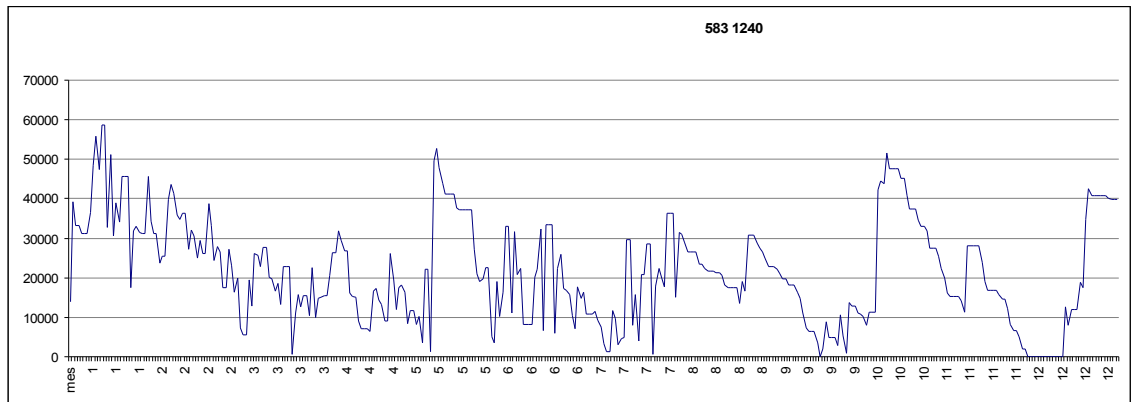


Grafico 4-10 Movimientos de inventario en el 2006 en la línea 583 1240

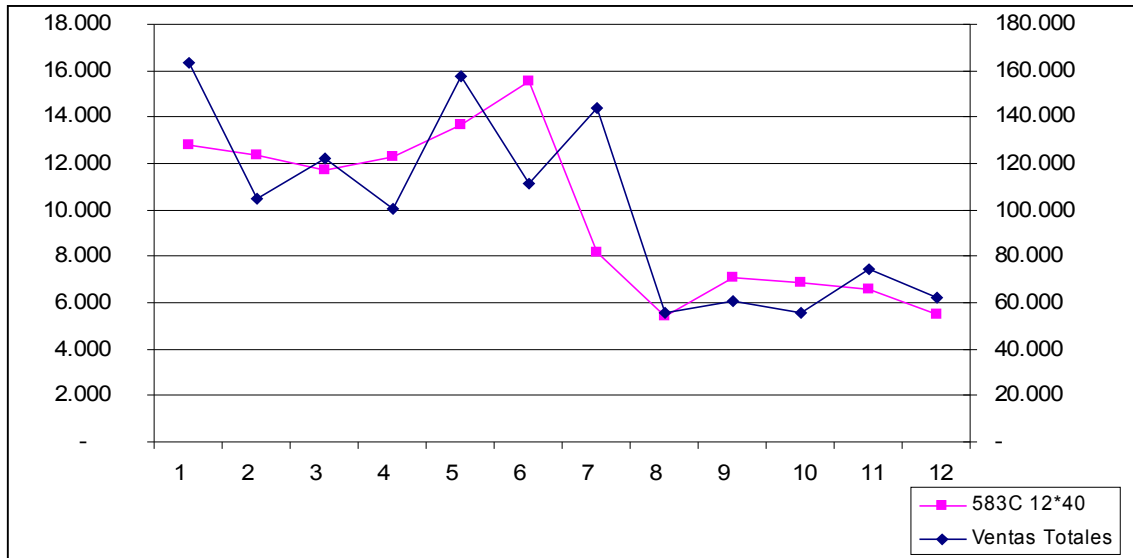


Grafico 4-11 Ventas mensuales en la línea 583 1240

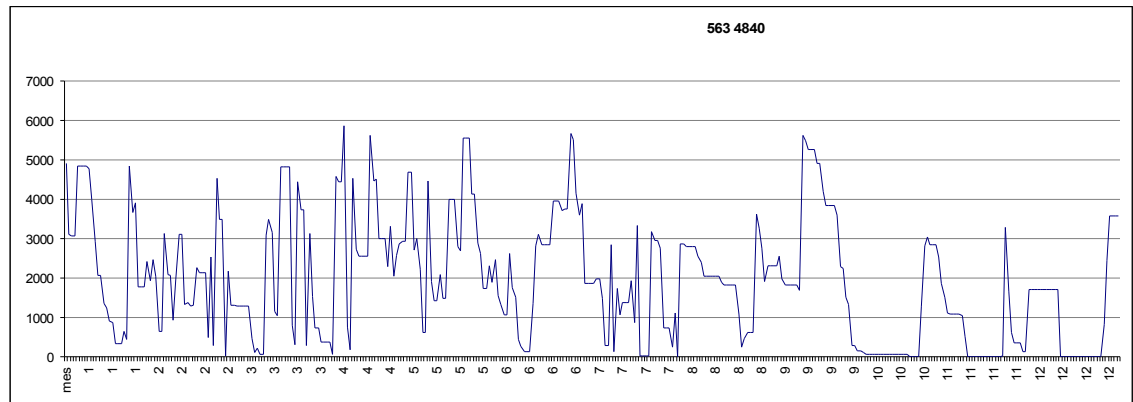


Grafico 4-12 Movimientos de inventario en el 2006 en la línea 563 4840

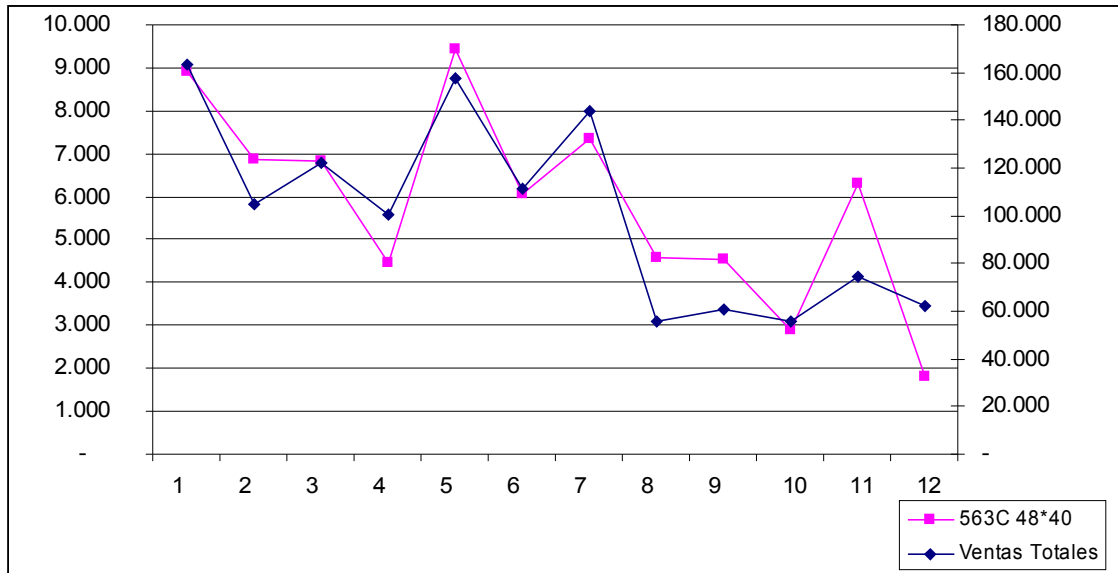


Grafico 4-13 Ventas mensuales en la línea 563 4840

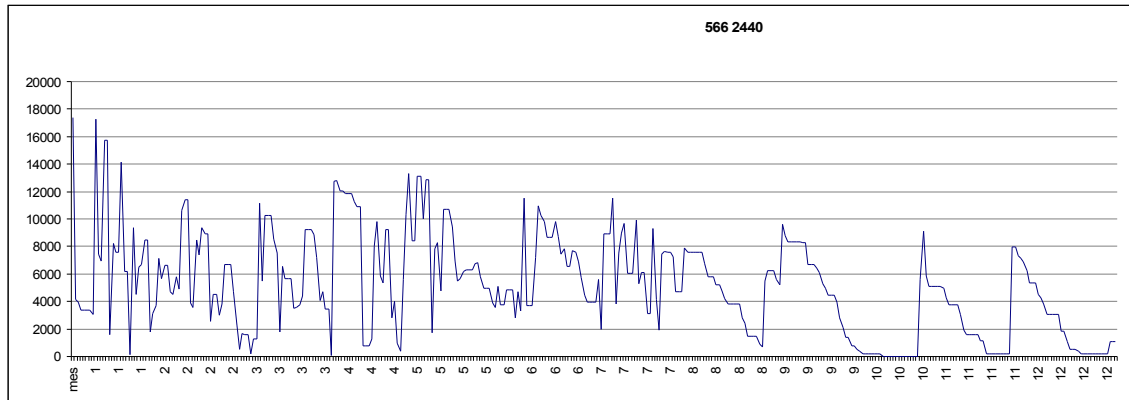


Grafico 4-14 Movimientos de inventario en el 2006 en la línea 566 2440

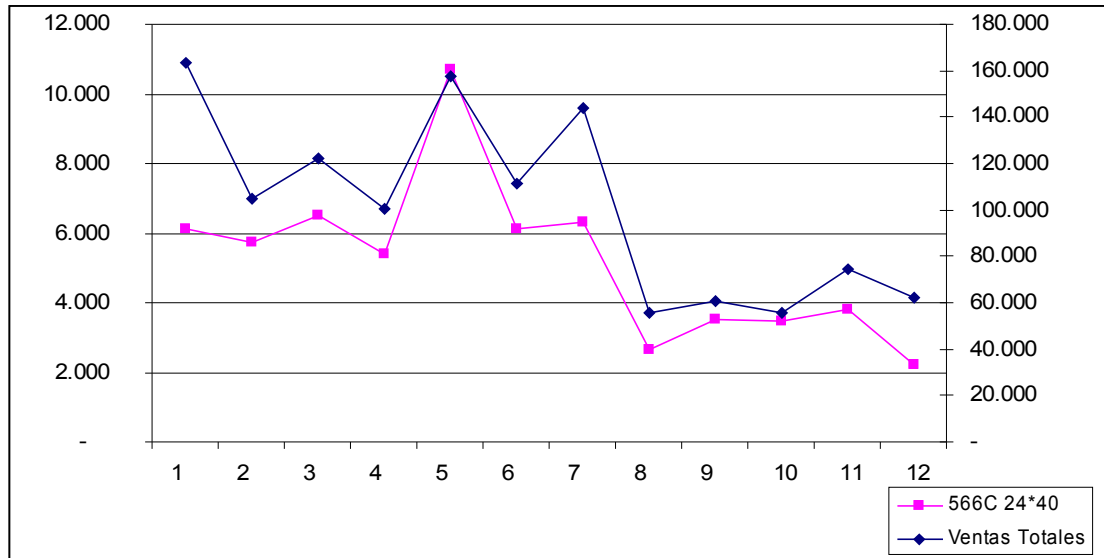


Grafico 4-15 Ventas mensuales en la línea 566 2440

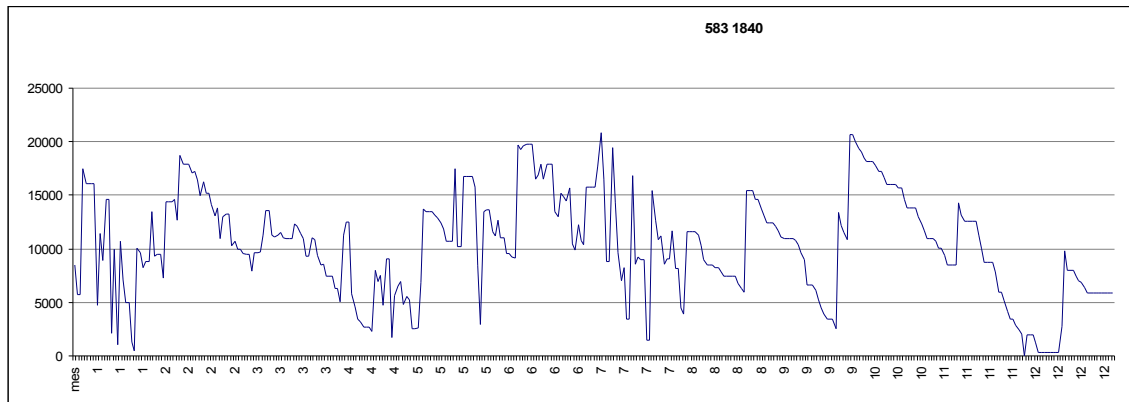


Grafico 4-16 Movimientos de inventario en el 2006 en la línea 583 1840

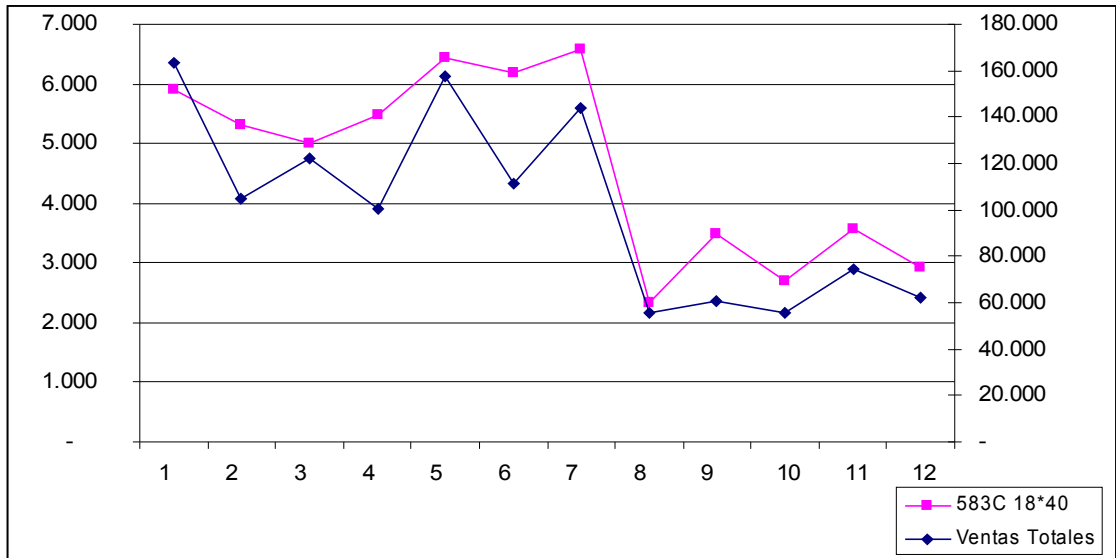


Grafico 4-17 Ventas mensuales en la línea 583 1840

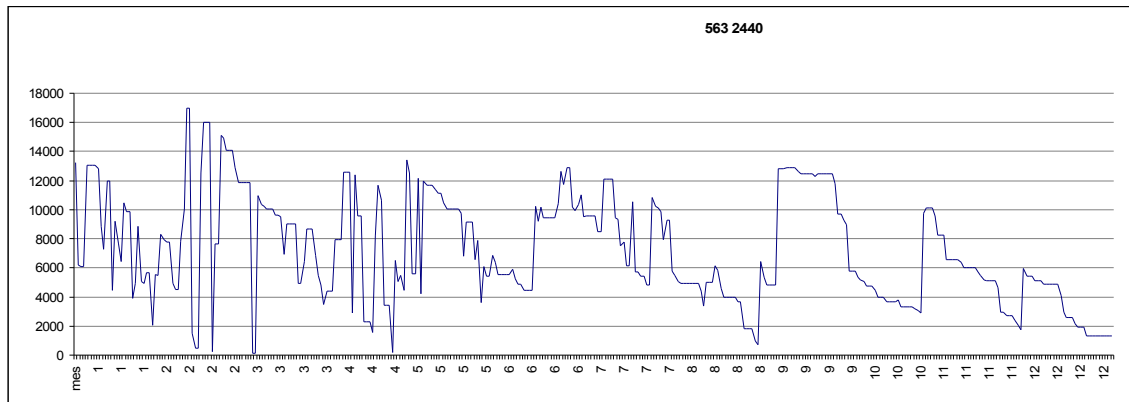


Grafico 4-18 Movimientos de inventario en el 2006 en la línea 563 2440

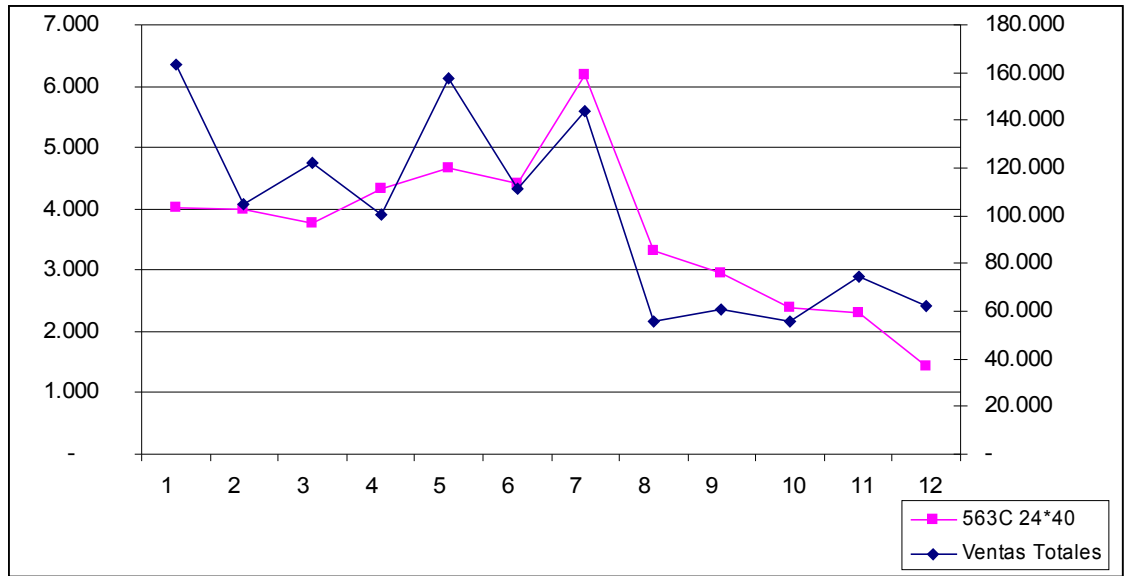


Grafico 4-19 Ventas mensuales en la línea 563 2440

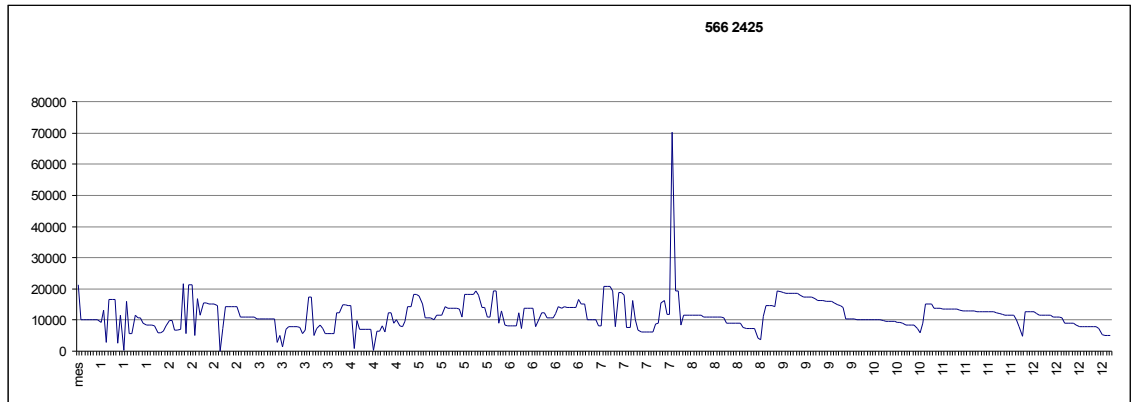


Grafico 4-20 Movimientos de inventario en el 2006 en la línea 566 2425

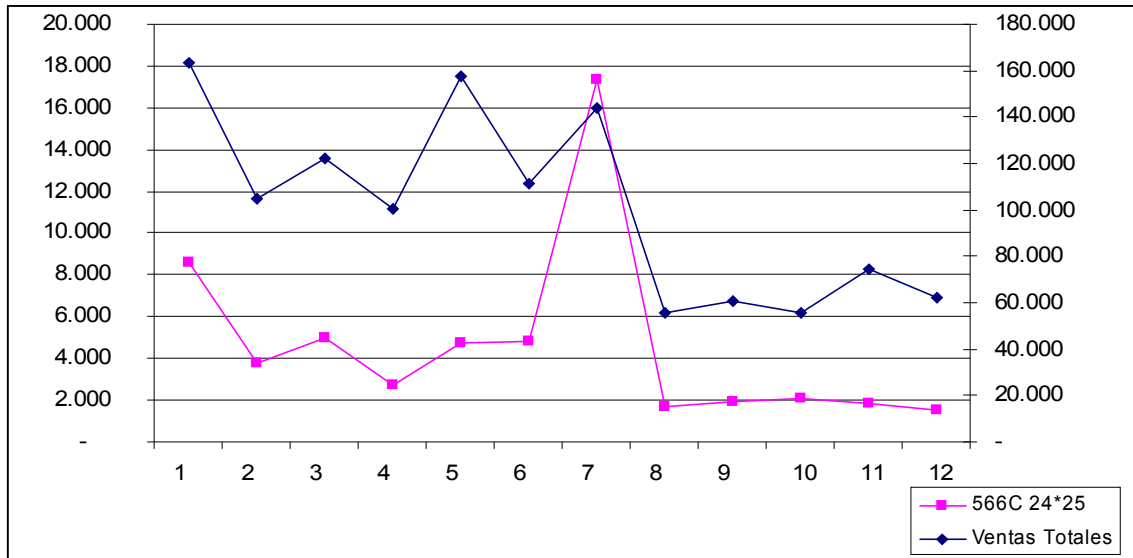


Grafico 4-21 Ventas mensuales en la línea 566 2425

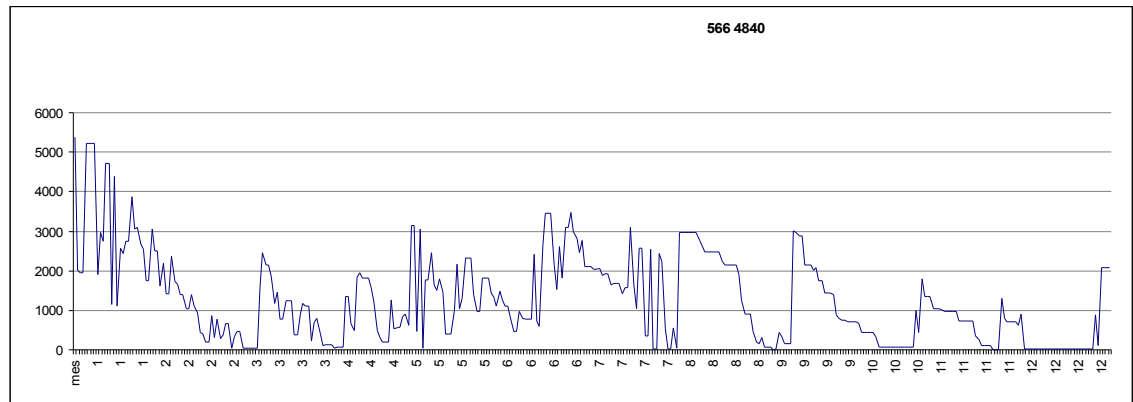


Grafico 4-22 Movimientos de inventario en el 2006 en la línea 566 4840

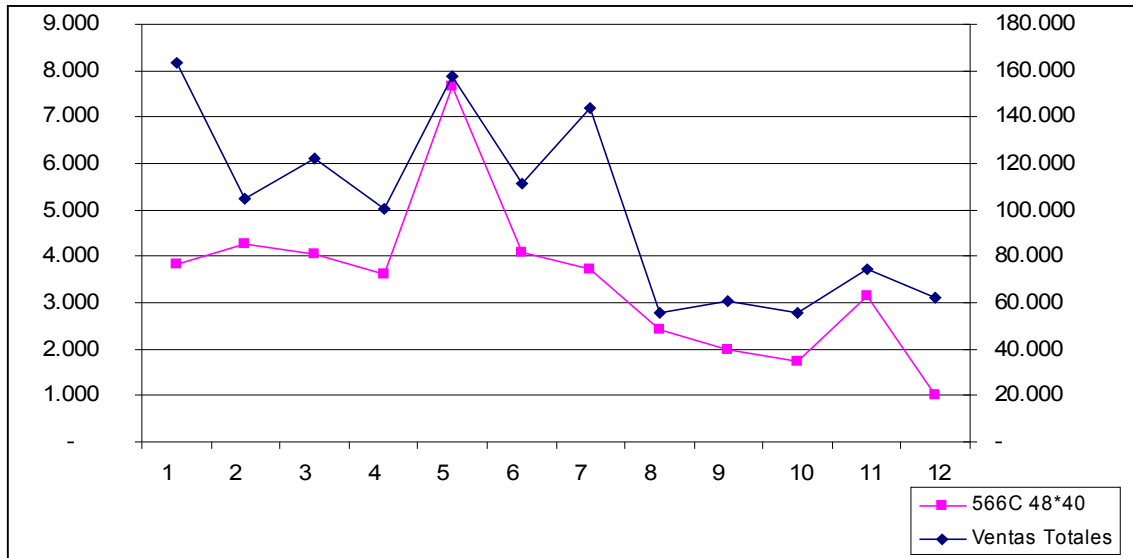


Grafico 4-23 Ventas mensuales en la línea 566 4840

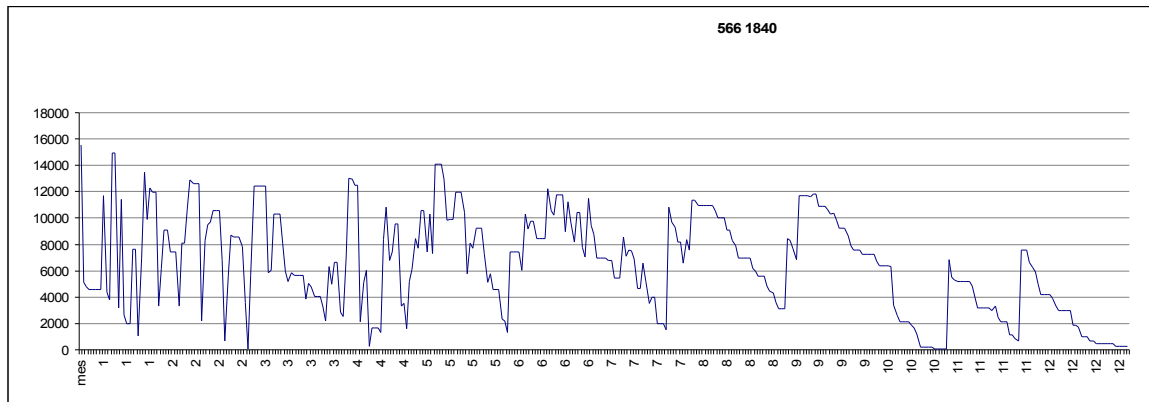


Grafico 4-24 Movimientos de inventario en el 2006 en la línea 566 1840

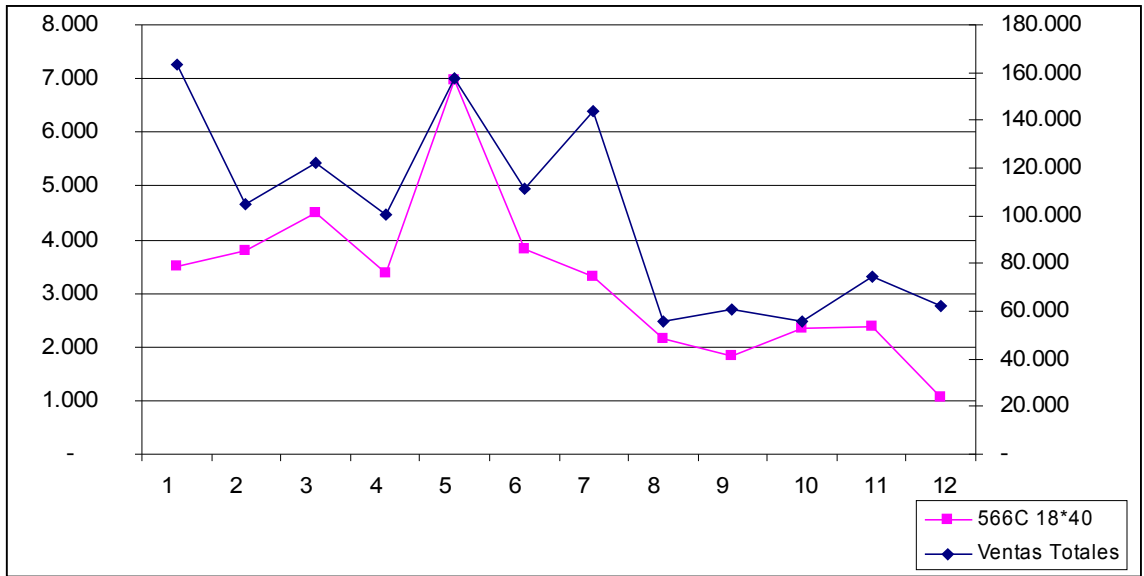


Grafico 4-25 Ventas mensuales en la línea 566 1840

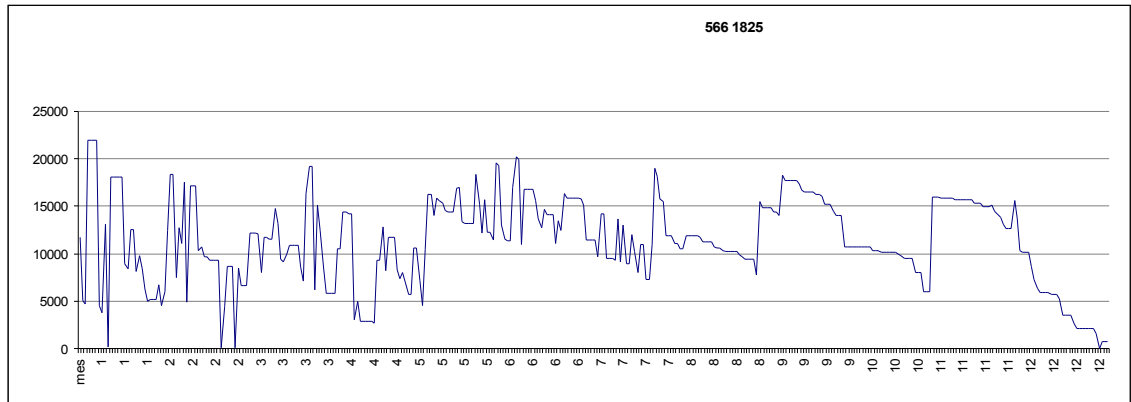


Grafico 4-26 Movimientos de inventario en el 2006 en la línea 566 1825

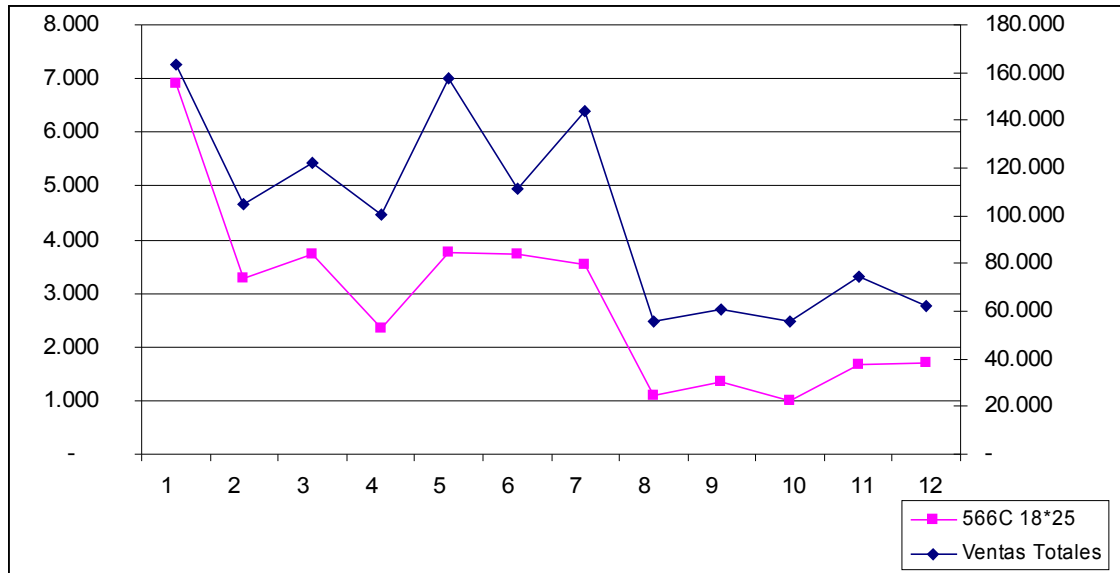


Grafico 4-27 Ventas mensuales en la línea 566 1825

En la Tabla 4-6 se observa como en el ultimo semestre variaron las ventas de un año a otro, lo que pudo generar una toma de decisiones no acertada en cuanto al suministro de materias primas en el segundo semestre del año 2006, generando consigo un alto grado de incumplimiento.

Mes	Año	
	2.005	2.006
1	274.799	163.645
2	117.432	104.614
3	130.138	122.236
4	92.358	100.256
5	101.886	157.487
6	111.222	110.997
7	88.247	144.068
8	42.697	56.015
9	41.557	60.669
10	49.059	55.420
11	50.215	74.445
12	39.172	62.524

Tabla 4-6 Ventas en m² mensuales en el 2005 y 2006

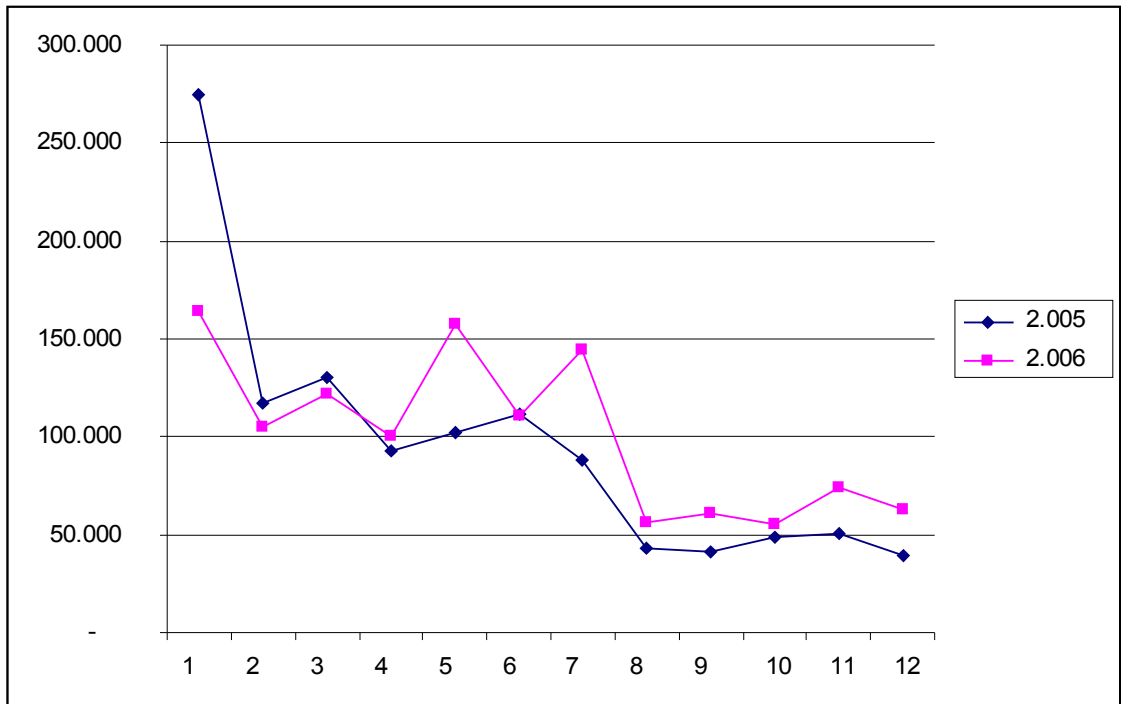


Grafico 4-28 Ventas en m² mensuales en el 2005 y 2006

Desde el punto de vista económico no es problema tan serio para la empresa quedarse sin inventario en una referencia de bajo movimiento, el impacto mas grande lo tiene en la falta de existencias de las referencias más vendidas, como es el caso, pues estamos hablando de dejar de vender lo que mas genera ingreso, impactando fuertemente en el trougtput de la organización.

Dicho inconveniente se espera resolver con dos técnicas de planeación de la producción muy sencillas y que le permitirán tener a la Dirección una proyección basada en datos históricos de la demanda y a su vez de las cantidades de recursos a necesitar.

5. DISEÑO DE PROPUESTAS DE MEJORAS PARA EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE CINTA DE ENMASCARAR

5.1 ANÁLISIS DE FALLAS EN LA LÍNEA DE ENMASCARAR

5.1.1 Análisis de Modos de fallas Mediante “Espina de Pescado”

Como se puede observar en la , las causas mas representativas son: reviente de película, cuadro de montaje y falla mecánica, estas contienen el 82.13% de total de tiempo improductivo, razón por la cual dedicamos el estudio de tiempo muerto a estas tres causas, a continuación se muestra un diagrama de Ishikawa (causa-efecto) del problema en cuestión para la maquina M-3000.

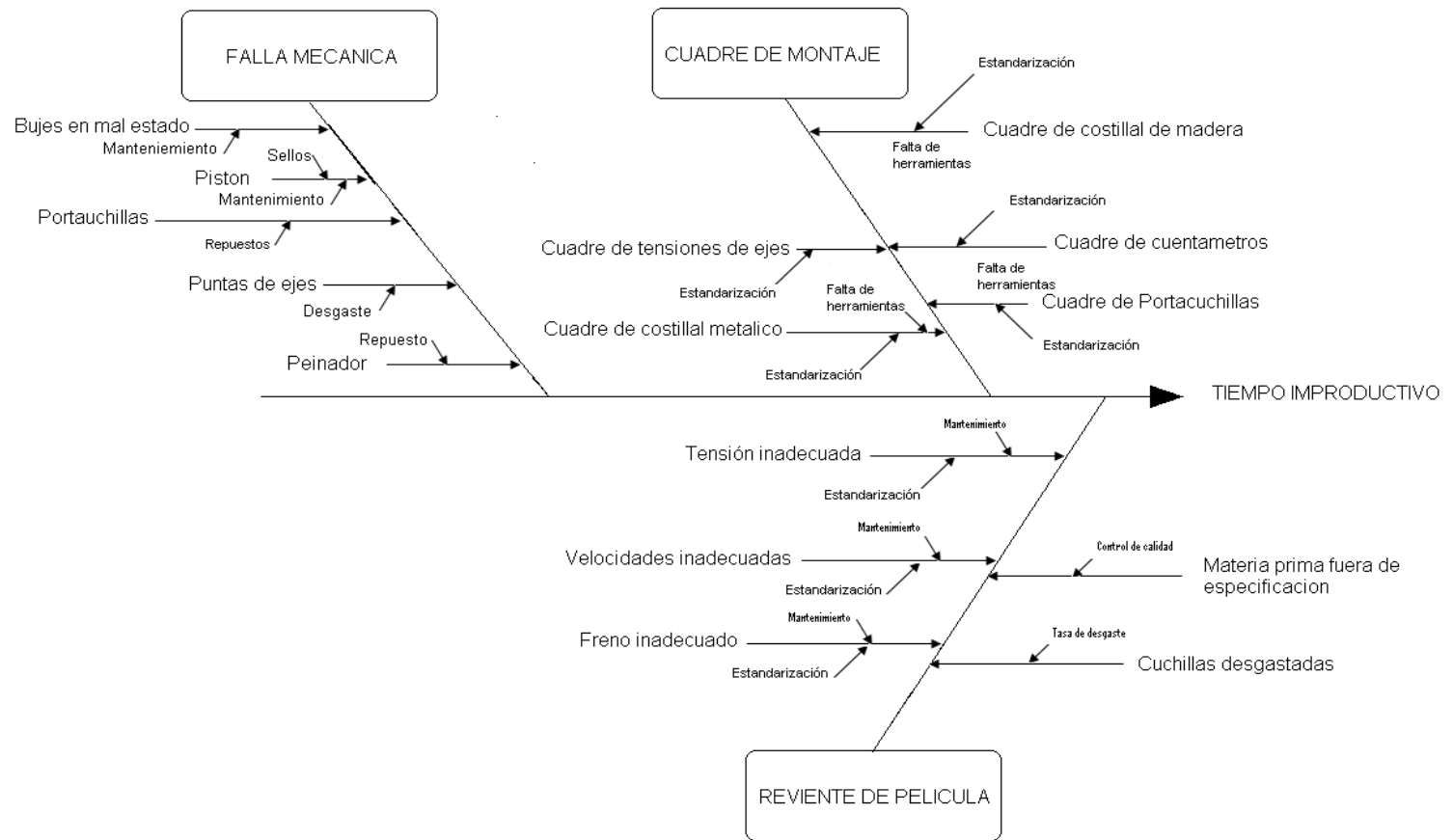


Grafico 5-29 Diagrama de Isikawa (Espina de pescado) de causa de fallas en la línea de enmascarar.

5.1.2 Estandarización de condiciones de operación (tensión, frenos, velocidades y programación de cuentametros) para eliminar Reviente de película.

Operar la maquina con adecuadas tensiones, frenos, velocidades y una programación del cuentametros en coordinación con las demás condiciones de operación es de vital importancia para que el proceso de conversión de cinta no incurra en tiempo improductivo. Para eliminar esta causa de tiempo improductivo hallaremos las condiciones de operación para cada producto, por medio del ensayo y error y al mismo tiempo optimizaremos el tiempo de ciclo para la elaboración de los diferentes productos. En primer lugar ensayaremos con las condiciones de operación existentes por referencia y haremos las modificaciones necesarias para corregir las fallas y aumentar la productividad del proceso.

En el proceso de conversión de cintas de enmascarar el comportamiento de la materia prima es igual para los diferentes anchos que se procesan, es decir, un rollo de 18 mm de ancho x 23 mts de largo, tiene el mismo comportamiento de un rollos de un de 24 mm x 23 mts largo, es por eso que enfocaremos el estudio a la estandarización de las condiciones de operación para los diferentes largos que se procesan, a continuación presentamos las condiciones de operación actuales:

METROS DE LARGO	SP1	SP2	SP3	SP4
22	17000	19000	20700	21700
25	20000	22000	23700	24700
40	35000	37000	38700	39700

Tabla 5-7 Programación de cuentametros

VEL 1 (Mts/ min)	REF	MEDIDA
140-160	5C	18 X 40

140-160	5C	48 X 40
160	5C	48 X 100

Tabla 5-8 Velocidad de trabajo

VEL 1	VEL 2	VEL 3	VEL 4
VARIABLE	150-180	70-100	30

Tabla 5-9 Velocidades de desaceleración

Las condiciones de operación mostradas anteriormente se presentan tal como esta documentado en las instrucciones de trabajo, como se puede observar no se hace referencia a las tensiones y los frenos que se deben mantener para cada referencia, ante lo cual se le consultó a varios operarios y todos coincidieron en que las tensiones y los frenos son de vital importancia para la conversión de cinta y que cada largo diferente utiliza diferente cantidad de frenos y tensiones. Además no muestra la duración del ciclo en las condiciones actuales.

En primer lugar ensayamos con las condiciones de operación propuestas por los diferentes operarios, para lo cual se entrevistó por separado a los tres operarios más experimentados, obteniendo las siguientes condiciones de operación:

OPERARIO 1

LARGO	TIEMPO DE CICLO (Seg)	PARÁMETROS									CUENTAMETROS			
		FRENO 1	FRENO 2	FRENO 3	TIRO SUP.	TIRO INF.	VEL 1	VEL 2	VEL 3	VEL 4	SP1	SP2	SP3	SP4
23	30	6	7	10	300	290	400	90	80	50	17000	19000	20700	21800
25	31	6	7	10	320	310	400	90	80	50	20000	22000	23700	24800
40	48	6	7	10	330	320	400	90	80	50	35000	37000	38700	39800

Tabla 5-10 Entrevista de condiciones de operación operario 1

OPERARIO 2

LARGO	TIEMPO DE CICLO (Seg)	PARAMETROS									CUENTAMETROS			
		FRENO 1	FRENO 2	FRENO 3	TIRO SUP.	TIRO INF.	VEL 1	VEL 2	VEL 3	VEL 4	SP1	SP2	SP3	SP4
23	30	6	7	10	300	290	400	90	85	50	17000	19000	20700	21800
25	29	7	8	10	320	310	450	100	90	50	20000	22000	23700	24800
40	43	7	8	10	330	320	500	100	90	50	35000	37000	38700	39800

Tabla 5-11 Entrevista de condiciones de operación operario 2

OPERARIO 3

LARGO	TIEMPO DE CICLO (Seg)	PARAMETROS									CUENTAMETROS			
		FRENO 1	FRENO 2	FRENO 3	TIRO SUP.	TIRO INF.	VEL 1	VEL 2	VEL 3	VEL 4	SP1	SP2	SP3	SP4
23	27	7	8	10	300	290	450	100	90	50	17000	19000	20700	21800
25	31	6	7	10	310	300	400	90	85	50	20000	22000	23700	24800
40	39	7	8	10	330	320	500	110	95	50	35000	37000	38700	39800

Tabla 5-12 Entrevista de condiciones de operación operario 3

Ahora procedemos a ensayar las condiciones de operación propuestas por los operarios, para ver cual es la que arroja mejores resultados y menor tiempo de ciclo, primero haremos ensayos de 20 ciclos para cada una de las condiciones de operación propuestas, y según los resultados y las observaciones que se hagan durante el proceso se corrigen y mejoran los parámetros hasta que se logre 0 revientes. A continuación se muestran los resultados obtenidos:

ENSAYO	# CICLOS	TIEMPO DE CICLO (Seg)	PARAMETROS									CUENTAMETROS				# REVIENTES	OBSERVACIONES
			FRENO 1	FRENO 2	FRENO 3	TIRO SUP.	TIRO INF.	VEL 1	VEL 2	VEL 3	VEL 4	SP1	SP2	SP3	SP4		
1	20	30	6	7	10	300	290	400	90	80	50	17000	19000	20700	21800	2	Condiciones operario 1
2	20	30	6	7	10	300	290	400	90	85	50	17000	19000	20700	21800	2	condiciones operario 2
3	20	27	7	8	10	300	290	450	100	90	50	17000	19000	20700	21800	2	condiciones operario 3 (se intentará mejorar estas condiciones por menor tiempo de ciclo)
4	20	27	6	7	10	300	290	450	100	90	50	17000	19000	20700	21800	3	se reduce el freno 1 y 2 para suavizar disminución de velocidad (resultados no satisfactorios, se asume que la velocidad es muy alta)
5	20	28	6	7	10	300	290	430	100	90	50	17000	19000	20700	21800	1	se reduce velocidad 1 para suavizar disminución de velocidad se mantiene el problema
6	20	28	6	7	10	300	290	430	100	80	50	17000	19000	20700	21800	1	se acercan las velocidades 3 y 4 reduciendo la velocidad 3 (se observó mejora)
7	20	28	6	7	10	300	290	430	100	80	60	17000	19000	20700	21800	1	se acercan aún más las velocidades 3 y 4 aumentando la velocidad 4 (se observó mejoría, con un poco de destención en los rollos)
8	20	28	6	7	10	300	290	430	100	80	60	17000	19000	20700	21800	1	se aumenta el tiro inferior para mejorar tensión en los rollos del eje de abajo (persiste 1 reviente)
9	20	27	6	7	10	300	290	430	100	80	60	17000	19000	21000	21800	0	se cambia la programación del cuentametro sp3 para acercar los cambios de velocidades (se obtuvo los resultados esperados, pero le falta un poco de tensión en el eje de arriba)
10	20	27	6	7	10	310	300	430	100	80	60	17000	19000	21000	21800	0	se aumenta la tensión del tiro superior para darle mayor tensión a los rollos (se obtuvo los resultados esperados)

Tabla 5-13 Ensayo de las condiciones de operación de la cinta de enmascarar en 23 mts de largo

ENSAYO	# CICLOS	TIEMPO DE CICLO (Seg)	PARAMETROS									CUENTAMETROS				# REVIENTES	OBSERVACIONES
			FRENO 1	FRENO 2	FRENO 3	TIRO SUP.	TIRO INF.	VEL 1	VEL 2	VEL 3	VEL 4	SP1	SP2	SP3	SP4		
1	20	31	6	7	10	320	310	400	90	80	50	20000	22000	23700	24800	2	Operario 1
2	20	29	7	8	10	320	310	450	100	90	50	2000 0	2200 0	2370 0	2480 0	1	Operario 2
3	20	31	6	7	10	310	300	400	90	85	50	2000 0	2200 0	2370 0	2480 0	2	Operario 3
4	20	27	6	7	10	310	300	430	100	80	60	2000 0	2200 0	2400 0	2480 0	0	Dado que en 23 mts las condiciones de operación arrojan un tiempo de ciclo de 27 y que la diferencia con este largo es de 3 mts lo cual no es tan significativa, intentaremos las mismas condiciones de operación en este metraje, manteniendo la proporción la programación del cuentametro (se obtuvo los resultados esperados y excelente calidad)
5	20	27	6	7	10	310	300	430	100	80	60	2000 0	2200 0	2400 0	2480 0	0	De esto podemos concluir que las condiciones de operarios para los metrajes de 23 mts y 25 mts pueden ser las mismas manteniendo la diferencia en la programación del cuenta metros

Tabla 5-14 Ensayo de las condiciones de operación de la cinta de enmascarar en 25 mts de largo

ENSAYO	# CICLOS	TIEMPO DE CICLO (Seg)	PARAMETROS									CUENTAMETROS				# REVIENTES	OBSERVACIONES
			FRENO 1	FRENO 2	FRENO 3	TIRO SUP.	TIRO INF.	VEL 1	VEL 2	VEL 3	VEL 4	SP1	SP2	SP3	SP4		
1	20	48	6	7	10	330	320	400	90	80	50	35000	37000	38700	39800	3	operario 1
2	20	43	7	8	10	330	320	500	100	90	50	35000	37000	38700	39800	3	operario 2
3	20	39	7	8	10	330	320	500	110	95	50	35000	37000	38700	39800	2	operario 3
4	20	39	7	8	10	330	320	500	110	95	50	35000	37000	39000	39800	2	cambiamos la programación del cuentametros y tratamos de mantener la proporción de las medidas 23 mts y 25 mts (no se observó buena disminución la velocidad)
5	20	37	7	8	10	330	320	550	110	90	60	35000	37000	39000	39800	1	se aumentó la velocidad 1 y 4, se disminuyó la velocidad 3 para suavizar los cambios de velocidad obteniendo buenos resultados
6	20	37	6	8	10	330	320	550	110	90	60	35000	37000	39000	39800	0	Se disminuye el freno 1 para disminuir el impacto en la primera baja de velocidad, se obtiene buenos resultados con rollos un poco tensionados.
7	20	37	6	8	10	320	310	550	110	90	60	35000	37000	39000	39800	0	se logra procesar sin revientes y con calidad adecuada

Tabla 5-15 Ensayo de las condiciones de operación de la cinta de enmascarar en 40 mts de largo

Como se puede observar las condiciones de operación con mejores resultados fueron las siguientes:

LARGO	TIEMPO DE CICLO	PARAMETROS									CUENTAMETROS			
		FRENO 1	FRENO 2	FRENO 3	TIRO SUP.	TIRO INF.	VEL 1	VEL 2	VEL 3	VEL 4	SP1	SP2	SP3	SP4
23	27	6	7	10	310	300	430	100	80	60	17000	19000	21000	21800
25	27	6	7	10	310	300	430	100	80	60	20000	22000	24000	24800
40	37	6	8	10	320	310	550	110	90	60	35000	37000	39000	39800

Tabla 5-16 Resultados de condiciones de operación optimizadas

Bajo estas condiciones de operación se elimina por completo los revientes de película, a causa de inadecuadas condiciones de operación, además se disminuye el tiempo de ciclo como se muestra en la tabla siguiente:

LARGO	TIEMPO DE CICLO PROMEDIO CON LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN ACTUAL	TIEMPO DE CICLO PROMEDIO CON LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN PROPUESTA	DIFERENCIA	MEJORA
23 MTS	29,00	27	2,00	6,90%
25 MTS	30,33	27	3,33	10,99%
40 MTS	43,33	37	6,33	14,62%

Tabla 5-17 Mejoras con condiciones de operación propuestas

Como se muestra en la Tabla 5-17, con las condiciones de operación propuesta se tiene una mejora en la eficiencia de producción de 6.9% en la cinta de 23 mts, 10.99% en la cinta de 25 mts y 14.62% en la cinta de 40 mts, además se eliminaría el 37.51% de tiempo improductivo que corresponde a revientes a causa de inadecuadas condiciones de operación.

Estas condiciones de operación están sujetas a que se cumpla el programa de mantenimiento preventivo de la maquina, para que las condiciones de la maquina también se mantengan, además se debe monitorear periódicamente que las condiciones de operación obtenidas se estén cumpliendo y que estén dando los resultados esperados, a continuación se propone los ítems de control para que las condiciones de operación y arrojen óptimos resultados.

$$\text{Cumplimiento del Prog. de Mtto} = \frac{\# \text{ de actividades de mantenimiento}}{\# \text{ de actividades ejecutadas}} * 100$$

Además del cumplimiento del programa de mantenimiento se debe monitorear las condiciones de operación de forma periódica, para lo cual se propone un periodo de tiempo de un mes para cada referencia, debido a que cada mes se

hace una corrida de cada una de ellas, así entonces se puede verificar si las condiciones de operación se mantienen o si existe algún cambio en cualquiera de los parámetros, para así poder documentarlo oportunamente, esta verificación debe ser llevada a cabo por los operario por medio del diligenciamiento del formato Control de condiciones de operación de maquina (Ver Tabla 5-18).

Otra causa de reviente es el desgaste de cuchillas de corte de película, estas cuchillas pierden filo a medida que van siendo utilizadas hasta el punto en que causan mal corte y ocasiona la ruptura, actualmente estas cuchillas son reemplazadas después de que en el proceso se hace evidente el mal estado de las cuchillas, es decir, después de se ocasiona la ruptura por lo menos una vez.

En el proceso de conversión el desgaste de cuchillas no solo se da por el uso sino también por el tiempo que están expuestas al intemperie, debido a que cuando se cambian el montaje estas quedan expuestas al intemperie hasta que el montaje vuelva a ser utilizado, y aunque este problema puede ser resuelto con un buen almacenamiento, las cuchillas cuando son utilizada en el montaje, estas ya han estado expuestas al contacto con las manos y el ambiente, lo que puede ocasionar que se oxiden por el sudor o por cualquier elemento con que haya tenido contacto que provenga del ambiente.

CONTROL DE CONDICIONES DE OPERACIÓN DE MAQUINA

MES: _____

ENSAYO	# DE CICLOS	TIEMPO DE CICLO	PARAMETROS								CUENTAMETROS				# REVIENTES	FECHA	
			FRENO 1	FRENO 2	FRENO 3	TIRO SUP.	TIRO INF.	VEL 1	VEL 2	VEL 3	VEL 4	SP1	SP2	SP3			SP4
23																	
25																	
40																	

MODIFICACIÓN

JUSTIFICACIÓN

DISPOSICIÓN

Tabla 5-18 Formato "Control de condiciones de operación de maquina"

Teniendo en cuenta todo lo anterior, y que los montajes se cambian mensualmente, nuestra propuesta para evitar revientes de película a causa de cuchillas desgastadas es que cada vez que se aliste la maquina con un montaje nuevo, también se debe colocar cuchillas nuevas y desechar las cuchillas que se usaron la ultima vez que se armó el montaje, esto en base a que cada montaje se debe realizar una vez por mes.

5.1.3 Cuadre de Montaje

El tiempo improductivo que se deriva del cambio de montaje, se ocasiona debido al alistamiento de maquina que se debe hacer para procesar rollos de diferentes anchos, actualmente no existe un procedimiento detallado para realizar estos cambios de montaje, cada operario según experiencia propia realizan estos alistamientos sin tener disponible un procedimiento detallado para hacerlos y en algunos casos las herramientas completas para hacerlo. En aras de eliminar esta causa de tiempo improductivo realizaremos un procedimiento detallado para realizar los cambios de montaje, para lo cual utilizaremos un Cursógrama analítico (Ver Grafico 5-30).

Cursograma analítico		Operario/Material/Equipo							
Diagrama núm. 1 Hoja núm. 1 de 1		Resumen							
Objeto:	Actividad	Actual	Propuesto	Economía					
Operario maquina M-3000	Operación ○	-	43						
Actividad:	Trasnporte □	-	11						
Cuadre de montajes de Maquina M-3000	Espera D	-	-						
Metodo: Actual/propuesto	Inspección □	-	-						
	Almacenamiento △	-	-						
Lugar: Area de Conversión	Distancia (mts)								
Operarios(s):	Ficha. núm								
Compuesto:	Fecha:								
Aprobado por:	Fecha:								
DESCRIPCIÓN	cantidad	distancia	tiempo (min)	○	□	D	□	△	Observaciones
Quitar tornillos de la tapa del costillar metalico	3	-	1	●					
Llevar tapa del costillar metalico a estanteria	1	9	1	●					Transporte manual
Llevar tapa del costillar metalico del montaje nuevo a cargatucos	1	9	1	●					Transporte manual
colocar tornillos de la tapa de costillar metalico de montaje nuevo	3	-	2	●					
Quitar tornillos del costillar metalico	3	-	1	●					
llevar costillar metalico a estanteria	1	9	1	●					Transporte manual
llevar costillar metalico de nuevo montaje a cargatucos	1	9	1	●					Transporte manual
colocar tornillos del costillar metalico de nuevo montaje	3	-	2	●					
quitar tornillos del costillar de madera	2	-	1	●					
llevar costillar de madera a estanteria	1	9	1	●					Transporte manual
llevar costillar de madera del nuevo montaje a cargatucos	1	9	1	●					Transporte manual
colocar tornillos del costillar de madera del nuevo montaje	2	-	2	●					
sacar portacuchillas de la pelicula	1	-	0.33	●					
quitar tornillos del portacuchillas	2	-	1	●					
llevar prtacuchilla a estanteria	1	7	2	●					Transporte manual
llevar portacuchillas del nuevo montaje a la maquina	1	7	1	●					Transporte manual
colocar tornillos del portacuchillas del nuevo montaje en la maquina	2	-	2	●					
introducir portacuchillas en la pelicula	1	-	0.33	●					
dar impulso de manera manual a la maquina	-	-	0.33	●					
pegar tiras de pelicula en la cinta para cada eje	-	-	3	●					
dar impulso de manera manual hasta que las tiras lleguen a la maquina	-	-	0.33	●					
cambiar tensión los ejes según la referencia a trabajar	6	-	10	●					
cargar ejes con tucos de la nueva medida a procesar	6	-	3	●					
montar bobina en elevador	1	-	3	●					elevador manual (3tn)
transportar bobina a portabobina de la maquina	1	6	1	●					elevador manual (3tn)
elevador bobina a la altura del portabobina	1	1	1	●					elevador manual (3tn)
introducir eje de bobina en la bobina que va a ser montada	1	-	1	●					
colocar bobina en el portabobina	-	-	1	●					
hacer empalme del material	-	-	1	●					
dar impulso manualmente hasta que el nuevo material llegue a la maquina	-	-	0.66	●					
hacer cambio de ejes	2	-	1	●					
cambiar tension de ejes salientes	2	-	5	●					
cargar ejes salientes con tucos de la nueva medida a procesar	2	-	1	●					
			54						

Grafico 5-30 Cursograma Analítico de cambio de referencia

Para que control del proceso se propone que se hagan inspecciones mensuales para verificar que el procedimiento se está cumpliendo con el procedimiento, así mismo se debe verificar que la disponibilidad de herramientas sea completa.

3.1.4 FALLAS MECANICA

CAUSAS DE TIEMPO MUERTO	SUBCAUSAS	DESCRIPCION DEL PROBLEMA	MEDIDA CORRECTIVA	MEDIDA DE CONTROL
FALLAS MECANICAS	BUJES EN MAL ESTADO	Cuando un buje se encuentra en mal estado ya sea por estar roto, desgastado, sucio o sin buen agarre los rollos tienden a salir en mal estado. Si esto pasa en medio de la producción el operario debe parar para reemplazarlo incurriendo en tiempo improductivo.	Incluir el mantenimiento de bujes en el programa de mantenimiento preventivo.	Verificar el cumplimiento total del programa de mantenimiento preventivo.
	FALLA EN EL PORTACUCHILLAS	El porta cuchillas de la maquinas tienen una rosca con un tornillo sin fin, la cual sufre desgaste durante el proceso cuando esta rosca se desgasta el porta cuchillas no queda fijo, situación en la cual no se puede trabajar.	Fabricar o adquirir una rosca de acero con el fin de aumentar la duración del repuesto.	Incluir el la verificación del buen estado de la pieza en el programa de mantenimiento preventivo.
	FALLA EN EL PISTON	El pistón de la maquina cumple la función de cargar los ejes con los tucos, cuando se presenta una falla en éste, la maquina no puede seguir trabajando	Estudiar la eficacia del programa de mantenimiento preventivo de este repuesto y del los insumos que se utilizan para realizar dicho mantenimiento.	verificar el cumplimiento total del programa de mantenimiento preventivo.
	FALLA EN LAS PUNTAS DE LOS EJES	Cuando estas puntas presentan desgaste, el agarre con la mordaza decae ocasionando que la transmisión no se de adecuadamente.	Incluir el mantenimiento de las puntas de los ejes en el programa de mantenimiento preventivo. Y estudiar factibilidad de reemplazo de estas	verificar el cumplimiento total del programa de mantenimiento preventivo.
	FALLA EN EL PEINADOR	Cuando el peinador presenta fallas los rollos quedan en mal estado, cuando esto sucede, al operario le toca reemplazarlo ocasionando un tiempo improductivo.	Estudiar la factibilidad de diseñar un peinador más duradero o que no necesite ser reemplazado.	Incluir el la verificación del buen estado del peinador en el programa de mantenimiento preventivo.

Tabla 5-19 Acciones preventivas por modo de falla en la línea de enmascarar

5.2 PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

A continuación se muestra el análisis realizado a los datos de ventas del 2005 y 2006 de los productos de las líneas de estudio, 563, 566, 573 y 583. Se explicara el comportamiento de las ventas con base en tablas de resumen y graficas de lo general a lo particular, es decir, comenzando por el total de ventas anuales por línea, pasando por las ventas mensuales y detalle de ventas por producto. Para establecer una relación entre las diferentes líneas y productos se transformaron todas las unidades de ventas a m², multiplicando el ancho de la cinta por su largo.

5.2.1 ANÁLISIS DE DATOS DE VENTAS

En la Tabla 5-20 y el Grafico 5-31 se observa el primer panorama de las ventas en los años 2005 y 2006, el impacto que tiene cada línea en las ventas totales es liderado por la línea 563 superando el 50% en el 2006, seguido están las líneas 566 y 583 que oscilan entre un 18 y 30%.

LÍNEA	AÑO		
	2.005	2.006	Total
563	943.314	1.360.260	2.303.574
566	627.647	517.337	1.144.984
573	40.927	34.742	75.670
583	449.742	415.425	865.167
Total general	2.061.631	2.327.764	4.389.395

Tabla 5-20 Ventas anuales por línea en m²

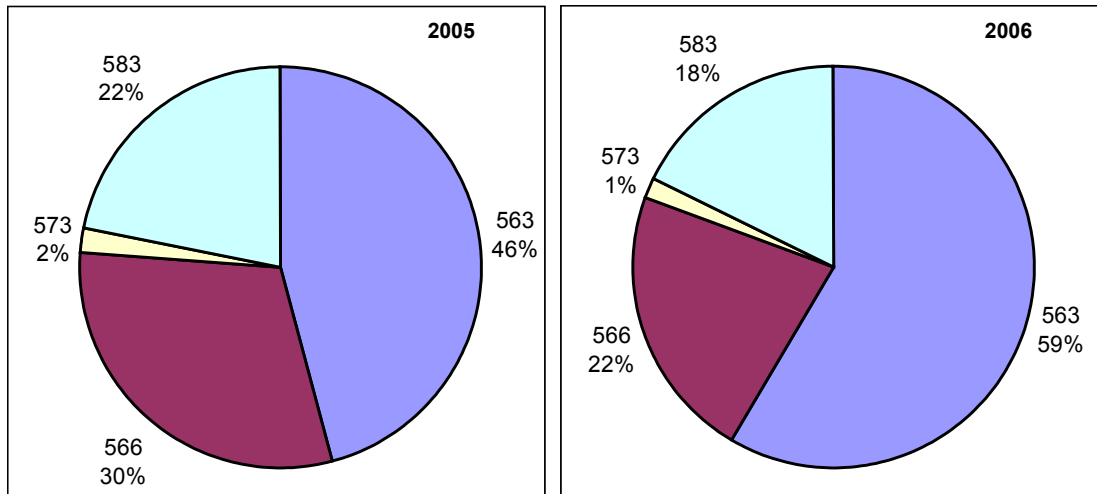


Grafico 5-31 Porcentaje de ventas totales en m² en 2005 y 2006 (Pasteles)

El diagrama de Pareto (Véase Tabla 5-21) nos muestra las marcas que jalonan las ventas esta familia de productos. Las referencias 563C 24*23, 563C 18*23, 583C 12*40, 563C 12*23 y 566C 24*40 representaron el 52% de las ventas totales en los años 2005 y 2006. Esto indica que tres de las referencias mas vendidas pertenecen a la línea 563 y las otras dos a las líneas 583 y 566 en menor proporción.

REFERENCIA	Porc. Relativo	Porc. Acumulado
563C 24*23	14%	14%
563C 18*23	12%	26%
583C 12*40	11%	37%
563C 12*23	9%	46%
566C 24*40	6%	52%
563C 48*40	5%	57%
583C 18*40	5%	62%
563C 24*40	4%	66%
566C 18*40	4%	70%
566C 24*25	4%	74%
566C 48*40	4%	77%
566C 18*25	3%	81%
583C 24*40	3%	84%
566C 12*40	3%	86%
563C 12*40	2%	89%
563C 18*40	2%	91%
566C 12*25	2%	93%
563C 48*25	2%	95%
583C 72*40	1%	96%
563C 38*25	1%	97%
566C 72*40	1%	98%
583C 48*40	1%	98%
573C 24*40	1%	99%
573C 18*40	1%	99%
573C 12*40	0%	100%
573C 48*40	0%	100%
Total general	100%	

Tabla 5-21 Pareto de ventas por referencia en el 2005 y 2006

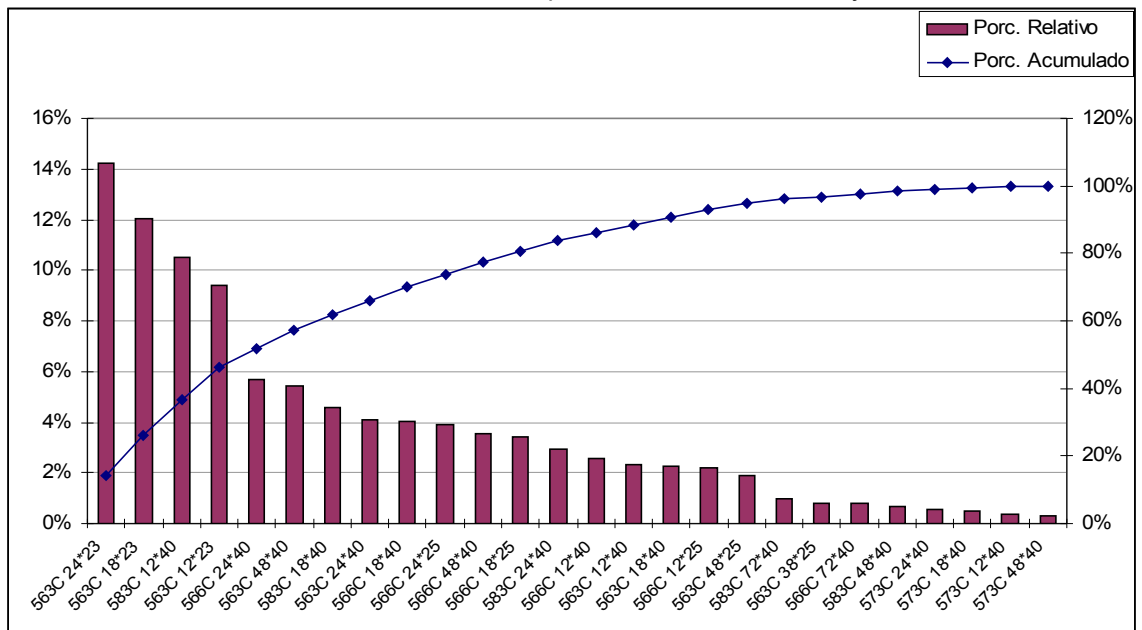


Gráfico 5-32 Pareto de ventas por referencia en el 2005 y 2006

LÍNEA	REFERENCIA	TOTAL 2005	TOTAL 2006
563	563C 12*23	90.278	120.995
	563C 12*40	22.324	23.997
	563C 18*23	113.217	162.322
	563C 18*40	35.191	26.652
	563C 24*23	138.102	198.269
	563C 24*40	46.102	43.784
	563C 38*25	8.745	13.553
	563C 48*25	16.093	32.561
	563C 48*40	50.706	70.017
566	566C 12*25	28.721	20.753
	566C 12*40	40.628	25.434
	566C 18*25	44.029	34.068
	566C 18*40	56.133	39.021
	566C 24*25	54.005	55.973
	566C 24*40	73.047	62.578
	566C 48*40	43.456	41.553
	566C 72*40	13.153	10.950
573	573C 12*40	5.290	2.923
	573C 18*40	6.649	4.862
	573C 24*40	7.352	4.887
	573C 48*40	5.864	3.106
583	583C 12*40	124.386	117.903
	583C 18*40	48.039	55.963
	583C 24*40	44.052	27.109
	583C 72*40	23.223	13.143
		1.138.782	1.212.375

Tabla 5-22 Ventas totales por referencia en el 2005 y 2006

En la Tabla 5-22 se puede observar que a pesar de que el monto total de las ventas aumento en 6 puntos, en la mayoría de las referencias hubo disminución de las ventas de un año a otro. Esto se puede evidenciar mejor en la Tabla 5-23, solo hubo aumento de ventas en la línea principal, lo contrario de las demás líneas comerciales.

LÍNEA	2005	2006	AUMENTO O DISMINUCIÓN
-------	------	------	-----------------------

563	520.758	692.150	33%
566	353.171	290.329	-18%
573	25.154	15.778	-37%
583	239.700	214.119	-11%

Tabla 5-23 Ventas por línea en el 2005 y 2006

LÍNEA	TOTAL 1er SEMESTRE 2005	TOTAL 1er SEMESTRE 2006	TOTAL 1er SEMESTRE 2007
563	400.059	422.605	489.520
566	252.305	186.959	224.817
573	15.387	10.685	11.455
583	160.084	138.986	167.257

Tabla 5-24 Ventas del 1er semestre en del 2005 al 2007

En la Tabla 5-24 se observa como el panorama cambia en el 2007 con respecto los dos años anteriores, habiendo un aumento significativo en las ventas en el 1er semestre del año.

En la Grafico 5-33 Comparativo mensual de ventas en m2 del 2005 a 1er semestre del 2007 se puede observar el comportamiento de las ventas año tras año. Se observa un alto aumento en los primeros meses del año, en especial el mes de Enero, y un decaimiento en las cantidades a partir del 8º mes.

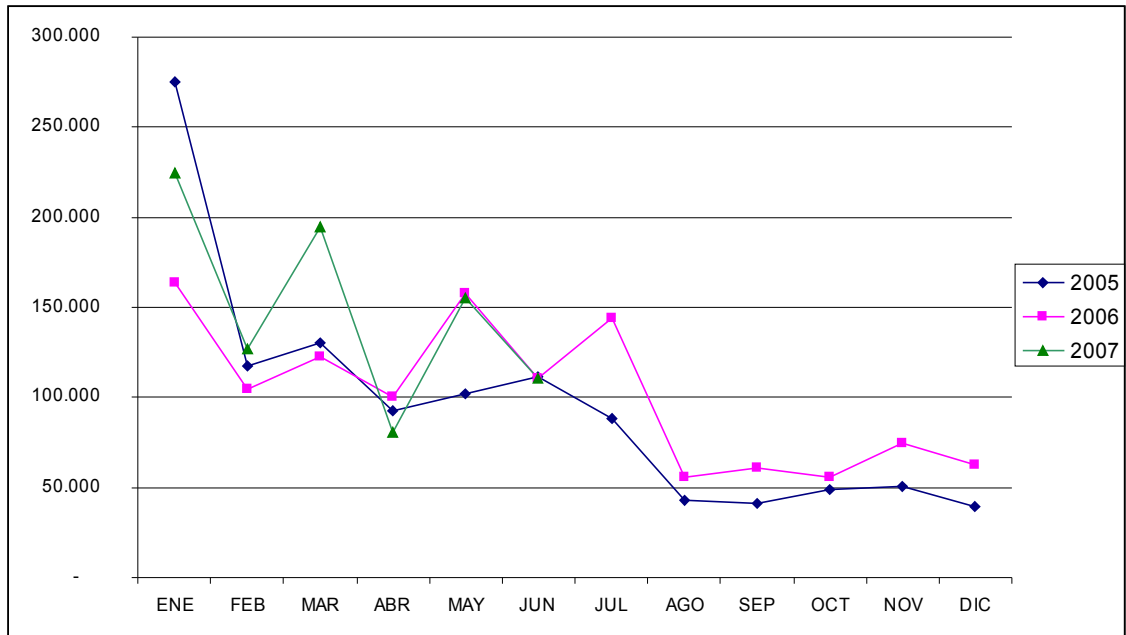


Grafico 5-33 Comparativo mensual de ventas en m² del 2005 a 1^{er} semestre del 2007

5.2.2 PRONOSTICO DE LA DEMANDA

Objetivos del pronóstico

El objetivo que se busca con la realización de un pronóstico es proporcionar a las directivas de la empresa un método matemático basado en datos históricos que le permita estimar la cantidad de recursos que serán necesarios para cumplir con la demanda dentro de los meses siguientes.

Numero de partidas a pronosticar

Es conveniente pronosticar una partida de 12 meses a partir del último mes de ventas del que se posee información, esto quiere decir, desde Julio del 2007 a Junio de 2008. Un pronóstico a mediano plazo servirá para determinar si el método utilizado es el más conveniente, y si la planeación con base en pronóstico generara resultados para la empresa.

Selección del modelo

En la Grafico 5-33 Comparativo mensual de ventas en m² del 2005 a 1er semestre del 2007 se pudo observar que la demanda esta marcada por una estacionalidad que varía mensualmente de más a menos a lo largo del año. En la Grafico 5-34 se puede observar la leve tendencia que tienen los datos de ventas. Teniendo en cuenta la estacionalidad y tendencia que presentan los datos se aplicara un modelo de regresión y estacionalidad aplicando Mínimos Cuadrados para llevar a cabo el pronóstico sobre las referencias que cumplan con este panorama.

Para las referencias que tengan estacionalidad, pero no tendencia, solo se aplicara la estacionalización sobre los objetivos comerciales que la empresa tenga sobre dicho producto.

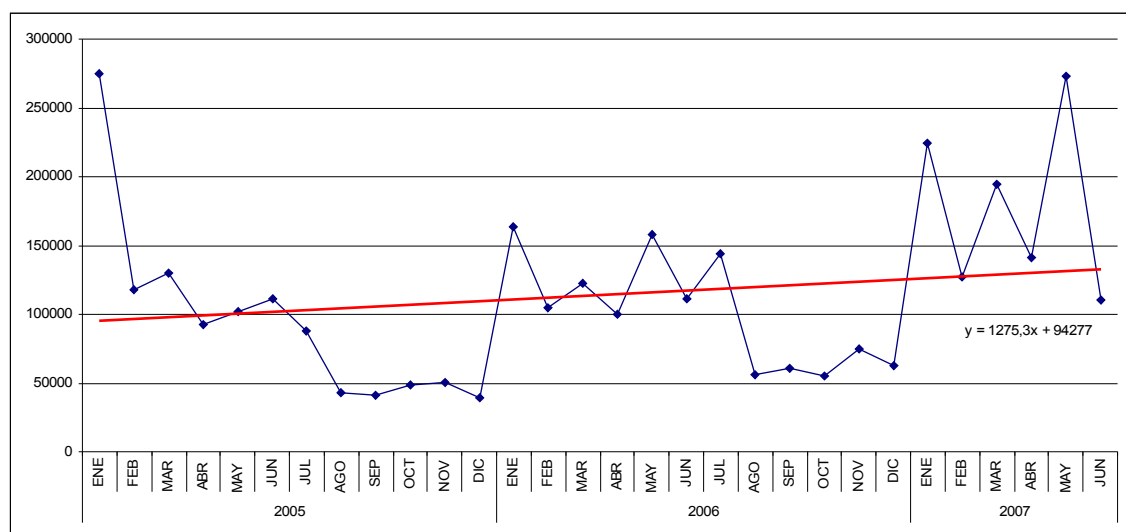


Grafico 5-34 Ventas mensuales en m² y línea de tendencia

Datos para realizar el pronóstico

Para la realización del pronóstico se tomaran como base las ventas mensuales de cada referencia de la línea de enmascarar de los años 2005, 2006 y 1^{er} semestre del 2007.

Realización del pronóstico

- *Datos con estacionalidad y tendencia*

Para efectos de explicación de la realización del pronóstico se tomara como referencia las ventas totales y al final se expondrán los pronósticos generados para cada referencia. La realización del pronóstico será explicada en 3 pasos a continuación:

Paso 1: Calculo del índice estacional y desestacionalización de la demanda

AÑO	MES	x (Mes)	y (Ventas)	Promedio del mes	Índice estacional	Ventas Decestralizada
2005	ENE	1	274.799	221.044	2,0	134.409
	FEB	2	117.432	116.380	1,1	109.094
	MAR	3	130.138	148.925	1,4	94.477
	ABR	4	92.358	90.975	0,8	109.759
	MAY	5	101.886	138.272	1,3	79.666
	JUN	6	111.222	110.871	1,0	108.459
	JUL	7	88.247	116.157	1,1	82.138
	AGO	8	42.697	49.356	0,5	93.530
	SEP	9	41.557	51.113	0,5	87.903
	OCT	10	49.059	52.239	0,5	101.534
	NOV	11	50.215	62.330	0,6	87.102
	DIC	12	39.172	50.848	0,5	83.291
2006	ENE	13	163.645	221.044	2,0	80.041
	FEB	14	104.614	116.380	1,1	97.186
	MAR	15	122.236	148.925	1,4	88.740
	ABR	16	100.256	90.975	0,8	119.145
	MAY	17	157.487	138.272	1,3	123.141
	JUN	18	110.997	110.871	1,0	108.240
	JUL	19	144.068	116.157	1,1	134.095
	AGO	20	56.015	49.356	0,5	122.703
	SEP	21	60.669	51.113	0,5	128.329
	OCT	22	55.420	52.239	0,5	114.699
	NOV	23	74.445	62.330	0,6	129.131
	DIC	24	62.524	50.848	0,5	132.942
2007	ENE	25	224.688	221.044	2,0	109.899
	FEB	26	127.094	116.380	1,1	118.069
	MAR	27	194.402	148.925	1,4	141.131
	ABR	28	80.313	90.975	0,8	95.445
	MAY	29	155.442	138.272	1,3	121.542
	JUN	30	110.393	110.871	1,0	107.650
Totales			3.243.490			
Promedio			108.116			

Tabla 5-25 Calculo del índice estacional y desestacionalización de la demanda

En cierta forma el índice estacional enseña que nivel tienen las ventas en cada mes, por ejemplo, el mes de enero con 1,9 (Ver) casi duplica el promedio de las ventas.

Paso 2: Regresión Mínimos Cuadrados

AÑO	MES	x (Mes)	y (Decestralizada)	x ²	xy	Y=ax+b	Y-y
2005	ENE	1	134.409	1	134.409	94.872	- 39.537
	FEB	2	109.094	4	218.188	95.785	- 13.309
	MAR	3	94.477	9	283.432	96.699	2.221
	ABR	4	109.759	16	439.037	97.612	- 12.147
	MAY	5	79.666	25	398.328	98.526	18.860
	JUN	6	108.459	36	650.753	99.439	- 9.020
	JUL	7	82.138	49	574.966	100.352	18.214
	AGO	8	93.530	64	748.238	101.266	7.736
	SEP	9	87.903	81	791.130	102.179	14.276
	OCT	10	101.534	100	1.015.338	103.093	1.559
	NOV	11	87.102	121	958.121	104.006	16.904
	DIC	12	83.291	144	999.486	104.919	21.629
2006	ENE	13	80.041	169	1.040.539	105.833	25.791
	FEB	14	97.186	196	1.360.599	106.746	9.561
	MAR	15	88.740	225	1.331.107	107.660	18.919
	ABR	16	119.145	256	1.906.318	108.573	- 10.572
	MAY	17	123.141	289	2.093.400	109.486	- 13.655
	JUN	18	108.240	324	1.948.316	110.400	2.160
	JUL	19	134.095	361	2.547.798	111.313	- 22.781
	AGO	20	122.703	400	2.454.058	112.227	- 10.476
	SEP	21	128.329	441	2.694.916	113.140	- 15.189
	OCT	22	114.699	484	2.523.373	114.053	- 645
	NOV	23	129.131	529	2.970.007	114.967	- 14.164
	DIC	24	132.942	576	3.190.611	115.880	- 17.062
2007	ENE	25	109.899	625	2.747.470	116.794	6.895
	FEB	26	118.069	676	3.069.805	117.707	- 362
	MAR	27	141.131	729	3.810.542	118.620	- 22.511
	ABR	28	95.445	784	2.672.453	119.534	24.089
	MAY	29	121.542	841	3.524.721	120.447	- 1.095
	JUN	30	107.650	900	3.229.509	121.361	13.710

Tabla 5-26 Datos para aplicación de Regresión Mínimos Cuadrados

Se calculan las constantes “a” y “b” de la expresión “y = ax + b” mediante las siguientes formulas:

$$a = \frac{(\sum y \sum x^2) - (\sum x \sum xy)}{(n \sum x^2) - (\sum x)^2} \quad b = \frac{n \sum xy - (\sum x \sum y)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

Resultando a = 913 y b = 93958.

Paso 3: Pronostico y calculo del error estadístico

AÑO	MES	x (Mes)	Y=ax+b	Índice estacional (IE)	Pronostico (Y*IE)
2007	JUL	31	122.274	1,1	131.368
	AGO	32	123.188	0,5	56.236
	SEP	33	124.101	0,5	58.670
	OCT	34	125.014	0,5	60.404
	NOV	35	125.928	0,6	72.598
	DIC	36	126.841	0,5	59.654
2008	ENE	37	127.755	2,0	261.194
	FEB	38	128.668	1,1	138.503
	MAR	39	129.581	1,4	178.493
	ABR	40	130.495	0,8	109.806
	MAY	41	131.408	1,3	168.060
	JUN	42	132.322	1,0	135.693

Tabla 5-27 Pronostico del 2º semestre del 2007 al 1º del 2008

$$MSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y(\text{Decestralizada})_i - Y_i)^2}{n}} = 16097$$

Donde “n” es igual al numero de datos tenidos en cuenta para el pronostico, igual a 30. Si tomamos este número y lo dividimos entre el promedio de los datos obtendremos un coeficiente de variación de 1,5, lo que le da un nivel de confianza muy bueno al pronóstico. En la Grafico 5-35 se puede observar la grafica del pronóstico.

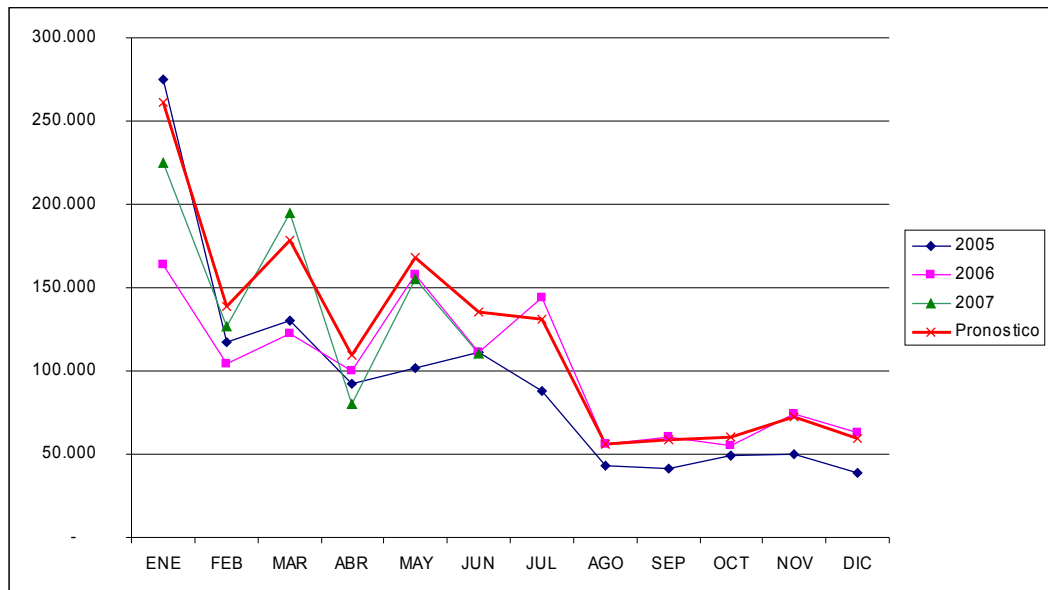


Grafico 5-35 Pronostico de la demanda del Julio de 2007 a Junio de 2008

- *Datos con estacionalidad pero sin tendencia*

El método anterior no puede ser aplicado en las referencias cuya demanda vaya en disminución, es decir, con tendencia negativa, pues puede que se del el caso de cantidades pronosticadas negativas. Para ese caso se tomara las cantidades que la empresa espera vender de esos productos en el periodo del pronóstico (2º semestre del 2007 y 1º del 2008), se dividirá sobre el numero de meses (12) y se multiplicara este numero por cada uno de los índices de estacionalidad de cada mes para así obtener el pronostico, no sobre tendencia pero si sobre los objetivos comerciales de la empresa. A continuación se realiza un ejemplo de con la referencia 563C 24*40 cuya tendencia es negativa. Para este producto la empresa a pactado vender dentro de los próximos doce meses las misma cantidad del periodo anterior (De Julio de 2006 a Junio de 2007) mas un aumento del 20%:

$$\text{Cantidad a vender en 12 meses} = 44.459,4 * 1.2 = 53.351,3$$

Este valor lo dividimos sobre el número de meses y lo multiplicamos por el Índice Estacional de cada mes para obtener el pronóstico (Ver Tabla 5-28):

$$\text{Pronostico} = 53.351,3 / 12 * \text{IE}$$

MES	ÍNDICE ESTACIONAL	PRONOSTICO
JUL	1,2	5.178
AGO	0,8	3.338
SEP	0,5	2.312
OCT	0,5	2.398
NOV	0,4	1.831
DIC	0,2	1.071
ENE	1,1	4.868
FEB	1,2	5.413
MAR	1,1	4.928
ABR	1,0	4.321
MAY	1,1	5.003
JUN	1,1	4.901

Tabla 5-28 Pronostico para referencias con tendencia lineal negativa

Resultados

En la Tabla 5-29 se observa los pronósticos por cada referencia en el periodo antes prescrito.

	2007						2008					
REFERENCIA	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
563C 12*23	8.061	4.157	4.711	4.113	5.381	6.732	24.837	7.677	17.578	7.955	13.262	10.182
563C 12*40	3.033	791	1.336	1.137	1.133	511	3.611	4.205	2.779	1.497	1.735	2.359
563C 18*23	13.644	5.915	6.388	6.438	7.676	8.213	32.297	11.903	27.567	12.024	23.290	11.740
563C 18*40	3.611	1.001	2.184	629	911	567	3.338	6.182	3.604	2.222	3.798	3.421
563C 24*23	16.443	6.094	6.542	6.783	9.540	9.759	36.972	19.811	27.271	17.794	29.885	14.826
563C 24*40	5.178	3.338	2.312	2.398	1.831	1.071	4.868	5.413	4.928	4.321	5.003	4.901
563C 38*25	769	161	185	168	460	183	1.053	497	3.839	969	2.418	850
563C 48*25	4.678	1.196	1.253	1.326	1.427	1.328	8.709	1.374	8.177	3.368	6.633	3.014
563C 48*40	6.044	3.332	2.908	2.470	3.701	3.130	9.863	7.370	7.177	4.334	10.852	6.242
566C 12*25	2.010	900	828	1.311	1.158	1.046	6.010	1.911	1.863	1.091	3.129	2.404
566C 12*40	2.816	1.054	1.514	1.464	1.258	848	3.074	2.462	3.396	1.963	5.521	3.051
566C 18*25	2.970	1.098	2.660	1.328	3.928	1.563	10.099	3.773	5.415	2.199	4.082	5.004
566C 18*40	2.880	2.562	2.404	3.092	2.334	1.316	5.727	4.944	4.847	3.782	8.270	4.778
566C 24*25	15.720	2.318	2.386	2.824	3.030	1.636	14.756	5.264	8.771	2.638	5.955	6.980
566C 24*40	5.935	2.978	4.125	4.124	4.059	3.882	8.525	7.257	8.825	6.509	14.270	8.848
566C 48*40	3.084	1.738	1.318	1.335	2.389	897	3.101	3.856	3.289	2.840	6.056	4.078
566C 72*40	730	329	77	109	314	82	1.091	173	191	336	401	565
573C 12*40	177	183	183	101	122	142	426	510	330	193	250	545
573C 18*40	315	254	154	154	193	193	714	560	565	320	341	824
573C 24*40	580	370	297	223	597	248	867	571	644	354	555	652
573C 48*40	1.426	113	196	150	240	65	74	345	163	47	349	375
583C 12*40	12.830	7.388	6.132	9.040	8.438	6.670	17.689	17.982	18.958	13.561	15.668	16.461
583C 18*40	5.969	2.862	2.766	3.429	3.496	2.505	7.784	7.249	6.664	5.374	6.181	5.930
583C 24*40	2.591	1.389	1.281	1.283	2.077	1.214	4.433	2.912	5.043	2.257	2.586	2.917
583C 72*40	1.565	292	397	711	455	782	1.975	1.948	2.368	1.393	1.784	1.588

Tabla 5-29 Pronostico de venta por cada referencia en el 2º semestre del 2007 y 1º del 2008

- *Error del Pronóstico*

A continuación se exponen el cálculo del error para cada referencia para el cual es necesario la comparación entre las ventas proyectadas y las reales. La Tabla 5-30 y Tabla 5-31 Muestran las ventas reales y pronosticadas respectivamente en el 2º semestre del 2007.

REFERENCIA	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
563C 12*23	5.331	5.261	6.708	9.375	8.416	6.537
563C 12*40	1.056	1.388	380	2.619	929	1.563
563C 18*23	8.817	9.714	6.063	12.093	10.699	9.104
563C 18*40	1.452	1.250	1.653	2.460	2.003	1.371
563C 24*23	11.308	11.241	8.863	16.476	13.076	10.764
563C 24*40	2.857	1.705	2.995	3.410	4.424	2.788
563C 38*25	560	283	1.225	1.244	1.130	541
563C 48*25	2.864	2.544	2.020	1.940	2.417	2.300
563C 48*40	4.147	1.549	4.070	1.741	4.992	4.429
566C 12*25	634	2.006	422	1.162	2.284	528
566C 12*40	1.563	1.286	767	1.542	1.837	781
566C 18*25	1.159	2.167	756	2.869	5.191	756
566C 18*40	1.371	2.258	1.855	2.412	2.392	1.250
566C 24*25	2.218	2.851	950	3.168	6.725	1.008
566C 24*40	2.166	3.894	2.988	4.508	4.216	2.051
566C 48*40	1.408	2.099	1.459	2.330	1.971	3.123
573C 12*40	42	127	42	84	56	106
573C 18*40	331	201	121	322	228	221
573C 24*40	184	276	138	276	791	392
573C 48*40	77	77	0	102	0	102
583C 12*40	3.757	9.805	5.709	9.990	7.185	5.704
583C 18*40	2.920	3.469	2.546	2.874	3.907	3.044
583C 24*40	780	1.561	1.075	1.799	2.246	1.456
583C 72*40	714	945	760	945	1.106	0

Tabla 5-30 Ventas segundo semestre del 2007 (A_t)

REFERENCIA	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

563C 12*23	5.598	4.722	5.400	9.252	9.902	6.432
563C 12*40	2.854	748	1.269	1.631	1.634	492
563C 18*23	12.647	7.438	8.061	8.152	9.753	10.469
563C 18*40	3.588	1.003	2.210	642	939	589
563C 24*23	22.291	8.302	8.954	9.328	13.179	13.540
563C 24*40	4.167	3.030	2.105	2.188	3.257	983
563C 38*25	1.334	346	998	1.116	1.067	311
563C 48*25	5.239	1.342	1.411	1.497	1.613	1.505
563C 48*40	7.345	2.840	2.324	3.038	4.570	3.879
566C 12*25	1.480	901	832	1.321	1.702	1.594
566C 12*40	3.099	1.160	1.667	1.612	1.385	934
566C 18*25	2.907	1.081	2.636	1.323	4.504	1.576
566C 18*40	1.909	2.728	2.559	3.292	2.484	1.401
566C 24*25	7.343	1.861	1.921	2.281	2.455	1.329
566C 24*40	6.066	2.541	3.520	3.520	2.963	3.316
566C 48*40	4.156	2.346	1.783	1.810	1.133	1.221
573C 12*40	177	183	183	101	122	142
573C 18*40	355	180	176	286	222	223
573C 24*40	337	311	294	275	594	356
573C 48*40	163	158	274	210	336	91
583C 12*40	11.297	6.521	5.425	8.017	7.502	5.944
583C 18*40	3.257	3.124	3.018	3.740	3.811	2.729
583C 24*40	2.121	1.424	1.317	1.323	2.149	1.260
583C 72*40	1.810	340	765	846	728	947

Tabla 5-31 Pronostico segundo semestre del 2007 (Ft)

- *Desviación Media Absoluta (Mad⁸)*

La Desviación Media Absoluta se refiere a la división entre la sumatoria de las diferencias absolutas de la demanda real y la pronosticada sobre el número de periodos evaluados. Expresada de la siguiente manera:

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

En la Tabla 5-32 se observa la MAD de cada referencia. Este número nos indica en cuanto estuvo errada en promedio la proyección.

REFERENCIA	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MAD
563C 12*23	267	539	1.308	124	1.486	105	3.829	638

⁸ Mean Absolute Deviation

563C 12*40	1.798	640	889	988	705	1.071	6.090	1.015
563C 18*23	3.830	2.276	1.998	3.940	946	1.366	14.356	2.393
563C 18*40	2.137	246	557	1.817	1.064	782	6.603	1.100
563C 24*23	10.983	2.939	91	7.149	103	2.776	24.041	4.007
563C 24*40	1.310	1.325	891	1.222	1.167	1.805	7.719	1.286
563C 38*25	774	63	227	128	63	230	1.485	247
563C 48*25	2.375	1.201	609	443	804	795	6.227	1.038
563C 48*40	3.197	1.292	1.746	1.297	422	549	8.505	1.417
566C 12*25	846	1.105	409	159	581	1.066	4.167	695
566C 12*40	1.537	127	899	70	453	152	3.237	539
566C 18*25	1.748	1.086	1.880	1.545	687	820	7.767	1.294
566C 18*40	538	470	704	879	92	151	2.835	472
566C 24*25	5.125	990	971	887	4.270	321	12.565	2.094
566C 24*40	3.900	1.353	533	988	1.254	1.265	9.293	1.549
566C 48*40	2.748	247	324	520	838	1.902	6.579	1.096
573C 12*40	135	57	140	17	66	36	451	75
573C 18*40	24	21	55	36	6	2	144	24
573C 24*40	153	35	156	2	197	36	578	96
573C 48*40	86	81	274	107	336	11	895	149
583C 12*40	7.540	3.284	283	1.973	317	240	13.637	2.273
583C 18*40	337	346	472	865	96	315	2.432	405
583C 24*40	1.341	137	241	476	97	196	2.488	415
583C 72*40	1.095	604	5	99	378	947	3.129	521

Tabla 5-32 Diferencia absoluta entre A_t y F_t

- *Señal de Rastreo (TS^9)*

La señal de rastreo resulta de la división entre la suma continua de los errores de la proyección (RSFE por sus siglas en inglés Running Sum of Forecast Errors) y la Desviación Media Absoluta. Expresada a continuación:

$$TS = \frac{RSFE}{MAD}$$

Se tendrá en cuenta este índice para ver en cuantas MADs se desvía el error, estableciendo como límites de aceptación entre -2 y 2 MADs. En la Tabla 5-33 se observa el cálculo de este error para cada referencia. Las referencias subrayadas demuestran unas desviaciones muy por debajo de la proyección. Esto nos indica que la demanda real estuvo muy por debajo de la demanda pronosticada. Esto sucedió en los casos en que la pendiente de la regresión

⁹ Tracking Signal

estuvo negativa y se opto por pronosticar con base en las metas de venta de la empresa.

REFERENCIA	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	RSFE	TS
563C 12*23	-267	539	1.308	124	-1.486	105	323	0,5
563C 12*40	-1.798	640	-889	988	-705	1.071	-693	-0,7
563C 18*23	-3.830	2.276	-1.998	3.940	946	-1.366	-31	0,0
563C 18*40	-2.137	246	-557	1.817	1.064	782	1.215	1,1
563C 24*23	-10.983	2.939	-91	7.149	-103	-2.776	-3.866	-1,0
563C 24*40	-1.310	-1.325	891	1.222	1.167	1.805	2.450	1,9
563C 38*25	-774	-63	227	128	63	230	-190	-0,8
563C 48*25	-2.375	1.201	609	443	804	795	1.478	1,4
563C 48*40	-3.197	-1.292	1.746	-1.297	422	549	-3.068	-2,2
566C 12*25	-846	1.105	-409	-159	581	-1.066	-794	-1,1
566C 12*40	-1.537	127	-899	-70	453	-152	-2.079	-3,9
566C 18*25	-1.748	1.086	-1.880	1.545	687	-820	-1.130	-0,9
566C 18*40	-538	-470	-704	-879	-92	-151	-2.835	-6,0
566C 24*25	-5.125	990	-971	887	4.270	-321	-270	-0,1
566C 24*40	-3.900	1.353	-533	988	1.254	-1.265	-2.104	-1,4
566C 48*40	-2.748	-247	-324	520	838	1.902	-59	-0,1
573C 12*40	-135	-57	-140	-17	-66	-36	-451	-6,0
573C 18*40	-24	21	-55	36	6	-2	-18	-0,7
573C 24*40	-153	-35	-156	2	197	36	-109	-1,1
573C 48*40	-86	-81	-274	-107	-336	11	-873	-5,9
583C 12*40	-7.540	3.284	283	1.973	-317	-240	-2.556	-1,1
583C 18*40	-337	346	-472	-865	96	315	-918	-2,3
583C 24*40	-1.341	137	-241	476	97	196	-677	-1,6
583C 72*40	-1.095	604	-5	99	378	-947	-966	-1,9

Tabla 5-33 Diferencia entre A_t y F_t

- *Error de la Regresión*

A continuación se presenta el error estándar de la regresión y el coeficiente de determinación.

$$S_{xy} = \sqrt{\frac{\sum (y - Y)^2}{n - 2}}$$

REFERENCIA	m	b	r ²	s _{xy}
563C 12*23	107	8.313	0,30	1.519
563C 12*40	10	1.935	0,02	720
563C 18*23	225	9.361	0,30	2.823
563C 18*40	28	2.206	0,10	1.082
563C 24*23	359	10.598	0,40	3.973
563C 24*40	11	3.693	0,05	1.272
563C 38*25	25	833	0,10	572
563C 48*25	76	1.187	0,20	1.353
563C 48*40	73	4.232	0,10	1.585
566C 12*25	7	1.971	0,02	379
566C 12*40	-25	3.038	0,10	665
566C 18*25	24	3.273	0,03	1.099
566C 18*40	0	3.858	0,04	777
566C 24*25	15	4.511	0,02	910
566C 24*40	2	5.778	0,02	750
566C 48*40	10	3.410	0,10	338
573C 12*40	-6	448	0,10	156
573C 18*40	2	434	0,10	83
573C 24*40	2	480	0,10	70
573C 48*40	0	228	0,02	190
583C 12*40	29	10.927	0,01	2.213
583C 18*40	23	3.770	0,13	548
583C 24*40	9	2.532	0,05	355
583C 72*40	15	1.100	0,14	321

Tabla 5-34 Error estándar de la regresión e índice de determinación.

Instrumentación de los resultados.

La instrumentación de los resultados se llevara a cabo mediante la realización de un plan de requerimiento de materiales el cual se expondrá en la siguiente sección.

5.2.3 PLANEACIÓN DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES

En el Capitulo “3.1.6 Proceso productivo de la línea de Enmascarar.” en la pagina 18 se explico el proceso productivo de la línea en estudio, y se aclaro que dentro de la misma línea hay productos que tienen un tratamiento diferente en cuanto al empaque, pues uno lleva empaque individual (Denominados en esta monografía como tipo A) y otros van directamente a la caja (Tipo B) (Ver Tabla 5-35).

Además el tipo de materia prima varia de línea de productos entre las 563, 566, 573 y 583.

REFERENCIA	ANCHO	LARGO	TIPO
563	12	23	A
563	12	40	A
563	18	23	A
563	18	40	A
563	24	23	A
563	24	40	A
563	38	25	B
563	48	25	B
563	48	40	B
566	12	25	A
566	12	40	A
566	18	25	A
566	18	40	A
566	24	25	A
566	24	40	A
566	48	40	B
566	72	40	B
573	12	40	A
573	18	40	A
573	24	40	A
573	48	40	B
583	12	40	B
583	18	40	B
583	24	40	B
583	72	40	B

Tabla 5-35 Clasificación de los productos de acuerdo a su proceso

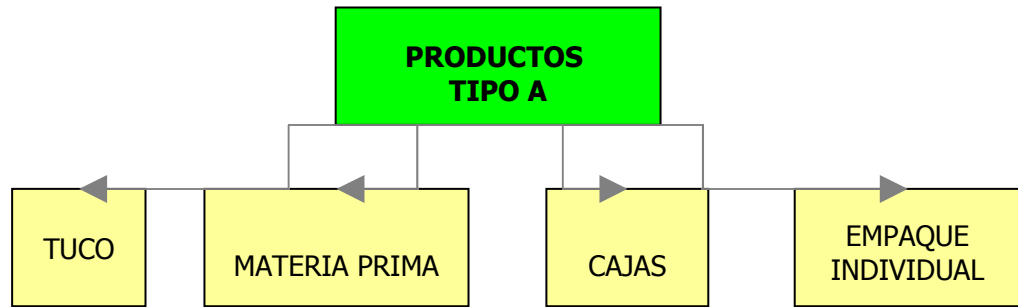


Grafico 5-36 Lista de materiales producto Tipo A

LÍNEA	ANCHO (A)	LARGO	TUCOS DE ANCHO "A" RESULTANTES	M2 DE M.P./UN	UN. EMPAQUE (UN/CAJA master)	UN. EMPAQUE INDIVIDUAL/CAJA display
563	12	23	0.01666	0,276	0.003787	0.022722
563	12	40	0.01666	0,48	0.003787	0.022722
563	18	23	0.025	0,414	0.005952	0.035712
563	18	40	0.025	0,72	0.005952	0.035712
563	24	23	0.03333	0,552	0.006944	0.041664
563	24	40	0.03333	0,96	0.006944	0.041664
566	12	25	0.01666	0,3	0.003787	0.022722
566	12	40	0.01666	0,48	0.003787	0.022722
566	18	25	0.025	0,45	0.005952	0.035712
566	18	40	0.025	0,72	0.005952	0.035712
566	24	25	0.03333	0,6	0.006944	0.041664

						0.041664
566	24	40	0.0333	0,96	0.006944	
573	12	40	0.0333	0,48	0.003787	0.022722
573	18	40	0.025	0,72	0.005952	0.035712
573	24	40	0.0333	0,96	0.006944	0.041664

Tabla 5-36 Cantidades de materiales para la fabricación de una unidad de productos tipo A.

En la Tabla 5-36 y la Tabla 5-37 se observan las cantidades de materias primas e insumos que se necesitan para fabricar los productos de estudio. Teniendo en cuenta esta información y la pronostico de la demanda de los próximos meses podemos estimas cuantos insumos y cuando los necesitaremos (Ver Tabla 5-38).

Tenemos entonces que de un tucos de 730 mm de ancho salen 60 tucos para las referencias de 12 mm de ancho. Se multiplica el ancho de la referencia por su largo y dividiéndola entre mil se obtiene la cantidad de materia prima en m² necesarias para producir una unidad. Y finalmente mediante las unidades de empaque se calcula el número de cajas y empaques individuales necesarios para la producción.

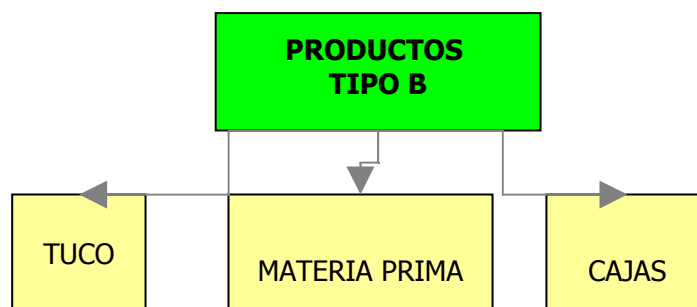


Grafico 5-37 Lista de materiales producto Tipo B

LÍNEA	ANCHO (A)	LARGO	TUCOS DE ANCHO "A" RESULTANTES	M2 DE M.P./UN	UN. EMPAQUE (UN/CAJA)
-------	-----------	-------	--------------------------------	---------------	-----------------------

C-563	38	25	0.05263	0,95	0.05263
C-563	48	25	0.06666	1,2	0.02
C-563	48	40	0.06666	1,92	0.025
C-566	48	40	0.06666	1,92	0.025
C-566	72	40	0.1	2,88	0.04166
C-573	48	40	0.06666	1,92	0.025
C-583	12	40	0.01666	0,48	0.003787
C-583	18	40	0.025	0,72	0.005952
C-583	24	40	0.03333	0,96	0.006944
C-583	72	40	0.1	2,88	0.004166

Tabla 5-37 Cantidades de materiales para la fabricación de los productos tipo B.

	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
TUCO	5.807	2.343	2.511	2.550	3.097	2.660	10.630	5.667	8.507	4.647	8.159	5.588
MP563	61.460	25.984	27.818	25.462	32.061	31.494	125.546	64.431	102.920	54.483	96.876	57.535
MP566	36.145	12.977	15.312	15.588	18.469	11.270	52.384	29.639	36.597	21.360	47.684	35.707
MP573	2.498	920	830	628	1.151	649	2.082	1.986	1.702	914	1.495	2.396
MP583	22.954	11.930	10.575	14.463	14.466	11.171	31.881	30.091	33.033	22.585	26.220	26.896
CAJA 1	949	367	424	403	501	453	1.891	910	1.407	741	1.361	898
EMPAQUES IND	5.692	2.204	2.543	2.420	3.006	2.716	11.344	5.458	8.444	4.448	8.163	5.389
CAJA 2	431	191	169	197	236	173	614	436	620	360	603	436

Tabla 5-38 Requerimiento de materiales e insumos del 2º semestre del 2007 y 1º del 2008

Lo que se busca con el MRP es establecer un programa de pedido para todos los insumos y Materias primas, principalmente para este segundo que posee un Lead Time de aproximadamente un mes. Para el resto de los insumos, plástico y cartón, el tiempo de espera entre el pedido y la entrega oscila de uno a dos días. Con esta información podemos realizar el despliegue del plan de requerimiento de materiales como se muestra en la .

		2007												2008																																											
		JUN				JUL				AGO				SEP				OCT				NOV				DIC				ENE				FEB				MAR				ABR				MAY				JUN							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
TUCO (UN)	Fecha requerida					5.807				2.343				2.511				2.550				3.097				2.660				10.630				10.630				5.667				8.507				4.647				8.159				5.588			
	Fecha pedido				5.807				2.343				2.511				2.550				3.097				2.660				10.630				5.667				8.507				4.647				8.159				5.588								
MP563 (M ²)	Fecha requerida					61.460				25.984	25.984			27.818				25.462				32.061				31.494				125.546	125.546			64.431				102.920	102.920			54.483	54.483			96.876	96.876			57.535	57.535						
	Fecha pedido	61.460								25.984				27.818				25.462				32.061				31.494				125.546				102.920				54.483				96.876				57.535											
MP566 (M2)	Fecha requerida					36.145				12.977	36.145			15.312	12.977			15.588	15.312			18.469	15.588			11.270	18.469			52.384	11.270			29.639	52.384			36.597	29.639			21.360	36.597			47.684	21.360			35.707	47.684						
	Fecha pedido	36.145								12.977				15.312				15.588				18.469				11.270				52.384				29.639				36.597				21.360				47.684											
MP573 (M2)	Fecha requerida					2.498				920				830				628				1.151	628			1.151				2.082	649			1.986	2.082			1.702	1.986			1.702	1.986			1.495	1.495			2.396	2.396						
	Fecha pedido	2.498								920				830				628				1.151				1.151				2.082				1.986				1.702				1.702				1.495											
MP583 (M2)	Fecha requerida					22.954				11.930	22.954			11.930				10.575	11.930			14.463	10.575			11.171	14.463			31.881	11.171			30.091	31.881			33.033	30.091			33.033	30.091			22.585	33.033			26.220	22.585						
	Fecha pedido	22.954								11.930				11.930				10.575				14.463				11.171				31.881				30.091				33.033				33.033				22.585											
CAJA 1 (UN)	Fecha requerida									949				367				424				403				501				453				1.891				910				1.407				1.361				898							
	Fecha pedido				949				367				424				403				501				453				1.891				910				1.407				1.361				898												
EMPAQUES IND (UN)	Fecha requerida									5.692				2.204				2.543				2.420				3.006				2.716				11.344				5.458				8.444				8.163											
	Fecha pedido				5.692				2.204				2.543				2.420				3.006				2.716				11.344				5.458				8.444				8.163				8.163												
CAJA 2 (UN)	Fecha requerida									431				191				169				197				236				173				614				436				620				603											
	Fecha pedido				431				191				169				197				236				173				614				436				620				603				436												

Tabla 5-33 MRP del 2º semestre del 2007 y 1º del 2008

EL proceso productivo esta dividido en tres subprocesos claves: cortado de tucos, conversión y empaque. El primer subproceso aventaja al segundo en aproximadamente 2 turnos de trabajo, es decir, en un turno de trabajo de la cortadora de tucos provee de insumos a tres turnos de las maquinas convertidoras. El subproceso de empaque por ser un proceso que requiere de mucha intervención de mano de obra, es un proceso que puede crecer o decrecer su capacidad en función del número de operarios empacadores con que se cuente. Por estos motivos se llega a la conclusión de que el proceso de conversión es el mas critico dentro de toda la línea, siendo este también el proceso que mas problemas presenta, en cuanto a rompimiento de película, fallas mecánicas y cuadro de montaje, convirtiéndose en el cuello de botella y marcando la velocidad en el proceso productivo de cintas de enmascarar.

Con base en lo anterior se obtienen las horas maquina requeridas en los diferentes meses proyectados. En todos los casos vemos que las horas requeridas por maquina no superan siquiera el 50% de las horas mensuales de trabajo. En la Tabla 5-39 podemos observar las horas maquina requeridas para cumplir con la demanda de los 12 meses proyectados. Con esta visión de lo recursos se puede tomar decisiones en cuanto a la contratación del recurso humano, o al aprovisionamiento de mercancías en meses en donde la demanda es baja.

REFERENCIA	CAPACIDAD (Rollos / hora)	CAPACIDAD (m ² / hora)	MAQUINA	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
563C 12*23	2250	621	ARROW	13,0	6,7	7,6	6,6	8,7	10,8	40,0	12,4	28,3	12,8	21,4	16,4
563C 12*40	2250	1080	ARROW	2,8	0,7	1,2	1,1	1,0	0,5	3,3	3,9	2,6	1,4	1,6	2,2
563C 18*23	3000	1242	M-3000	11,0	4,8	5,1	5,2	6,2	6,6	26,0	9,6	22,2	9,7	18,8	9,5
563C 18*40	2750	1980	M-3000	1,8	0,5	1,1	0,3	0,5	0,3	1,7	3,1	1,8	1,1	1,9	1,7
563C 24*23	2500	1380	M-3000	11,9	4,4	4,7	4,9	6,9	7,1	26,8	14,4	19,8	12,9	21,7	10,7
563C 24*40	2300	2208	M-3000	2,3	1,5	1,0	1,1	0,8	0,5	2,2	2,5	2,2	2,0	2,3	2,2
563C 38*25	700	665	ARROW	1,2	0,2	0,3	0,3	0,7	0,3	1,6	0,7	5,8	1,5	3,6	1,3
563C 48*25	600	720	ARROW	6,5	1,7	1,7	1,8	2,0	1,8	12,1	1,9	11,4	4,7	9,2	4,2
563C 48*40	600	1152	ARROW	5,2	2,9	2,5	2,1	3,2	2,7	8,6	6,4	6,2	3,8	9,4	5,4
566C 12*25	2250	675	ARROW	3,0	1,3	1,2	1,9	1,7	1,5	8,9	2,8	2,8	1,6	4,6	3,6
566C 12*40	2250	1080	ARROW	2,6	1,0	1,4	1,4	1,2	0,8	2,8	2,3	3,1	1,8	5,1	2,8
566C 18*25	3000	1350	M-3000	2,2	0,8	2,0	1,0	2,9	1,2	7,5	2,8	4,0	1,6	3,0	3,7
566C 18*40	2750	1980	M-3000	1,5	1,3	1,2	1,6	1,2	0,7	2,9	2,5	2,4	1,9	4,2	2,4
566C 24*25	2500	1500	M-3000	10,5	1,5	1,6	1,9	2,0	1,1	9,8	3,5	5,8	1,8	4,0	4,7
566C 24*40	2300	2208	M-3000	2,7	1,3	1,9	1,9	1,8	1,8	3,9	3,3	4,0	2,9	6,5	4,0
566C 48*40	600	1152	ARROW	2,7	1,5	1,1	1,2	2,1	0,8	2,7	3,3	2,9	2,5	5,3	3,5
566C 72*40	400	1152	ARROW	0,6	0,3	0,1	0,1	0,3	0,1	0,9	0,1	0,2	0,3	0,3	0,5
573C 12*40	2250	1080	ARROW	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,4	0,5	0,3	0,2	0,2	0,5
573C 18*40	2750	1980	M-3000	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,4
573C 24*40	2300	2208	M-3000	0,3	0,2	0,1	0,1	0,3	0,1	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3
573C 48*40	600	1152	ARROW	1,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,3	0,1	0,0	0,3	0,3
583C 12*40	2250	1080	ARROW	11,9	6,8	5,7	8,4	7,8	6,2	16,4	16,6	17,6	12,6	14,5	15,2
583C 18*40	2750	1980	M-3000	3,0	1,4	1,4	1,7	1,8	1,3	3,9	3,7	3,4	2,7	3,1	3,0
583C 24*40	2300	2208	M-3000	1,2	0,6	0,6	0,6	0,9	0,5	2,0	1,3	2,3	1,0	1,2	1,3
583C 72*40	400	1152	ARROW	1,4	0,3	0,3	0,6	0,4	0,7	1,7	1,7	2,1	1,2	1,5	1,4
			ARROW	52,2	23,7	23,6	25,7	29,4	26,4	99,5	53,0	83,2	44,3	77,2	57,3
			M-3000	48,5	18,6	20,9	20,3	25,4	21,2	87,4	47,1	68,5	38,0	66,9	44,0
			TOTAL	100,7	42,3	44,4	46,0	54,8	47,5	187,0	100,2	151,8	82,2	144,1	101,3
			TOTAL REAL	118,5	49,7	52,3	54,1	64,4	55,9	220,0	117,8	178,5	96,7	169,5	119,2

Tabla 5-39 Horas necesarias para producir las cantidades pronosticada según el cuello de botella del proceso.

6. ACCIONES PROPUESTAS

Estas son las acciones que se proponen para disminuir las perdidas de los problemas presentados en este proyecto:

- Establecer un Stock mínimo de inventario de productos terminados en almacén, que ponga el semáforo en rojo, es decir, que identifique cuando se debe producir de cada referencia. Dicho stock variara dependiendo de la estación del año, a convenir en el 1º y 2º semestre del año. A continuación se expone una recomendación para estos parámetros:

En el Grafico 6-38 se observan las ventas trimestrales de todas las referencias en m² en el 2006, allí se nota como disminuyen las ventas de trimestre a trimestre durante todo el año, siendo esto valido para casi todas las referencias.

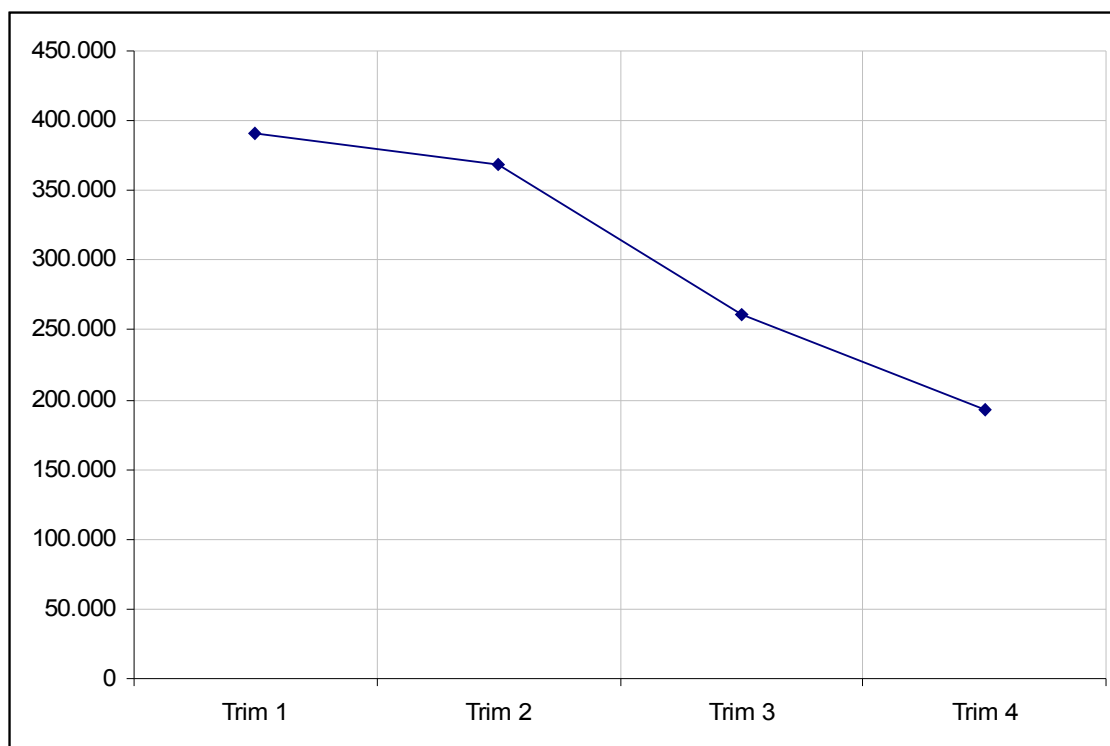


Grafico 6-38 Ventas totales en m² por trimestre en el 2006

LÍNEA	REFERENCIA	Trim 1	Trim 2	Trim 3	Trim 4
563	563C 12*23	50.092	26.976	15.661	26.010
	563C 12*40	9.260	5.465	5.633	3.640
	563C 18*23	54.359	45.251	26.382	29.329
	563C 18*40	8.706	7.422	7.470	3.054
	563C 24*23	64.453	57.354	40.640	35.823
	563C 24*40	11.804	13.406	10.445	9.129
	563C 38*25	5.059	4.870	2.846	2.778
	563C 48*25	9.268	8.894	9.539	4.860
	563C 48*40	22.601	19.951	12.475	10.989
566	566C 12*25	8.076	6.233	3.347	4.097
	566C 12*40	8.054	10.249	4.303	2.828
	566C 18*25	13.904	9.837	5.981	6.346
	566C 18*40	11.781	14.189	5.290	5.761
	566C 24*25	21.260	12.251	10.920	5.543
	566C 24*40	18.369	25.237	12.466	8.506
	566C 48*40	12.154	15.379	8.154	3.866
573	573C 12*40	1.236	841	592	253
	573C 18*40	2.060	1.666	672	764
	573C 24*40	2.123	1.632	1.060	1.176
	573C 48*40	650	1.482	544	430
583	583C 12*40	36.844	43.447	20.704	18.908
	583C 18*40	16.233	12.109	9.428	9.193
	583C 24*40	11.021	8.105	4.676	4.308
	583C 72*40	4.270	4.956	2.113	2.304
	Total	390.495	368.740	260.752	192.389

Tabla 6-40 Ventas trimestrales en el 2006 por referencia

En la se observa las ventas trimestrales en el 2006 por referencia, esta se necesita para calcular el las ventas promedios diarias por trimestre, dividiendo el valor de cada trimestre entre 90 se obtiene un numero aproximado a este valor, los cuales se presentan en la Tabla 6-41.

REFERENCIA	Trim 1	Trim 2	Trim 3	Trim 4
563C 12*23	557	300	174	289
563C 12*40	103	61	63	40

563C 18*23	604	503	293	326
563C 18*40	97	82	83	34
563C 24*23	716	637	452	398
563C 24*40	131	149	116	101
563C 38*25	56	54	32	31
563C 48*25	103	99	106	54
563C 48*40	251	222	139	122
566C 12*25	90	69	37	46
566C 12*40	89	114	48	31
566C 18*25	154	109	66	71
566C 18*40	131	158	59	64
566C 24*25	236	136	121	62
566C 24*40	204	280	139	95
566C 48*40	135	171	91	43
573C 12*40	14	9	7	3
573C 18*40	23	19	7	8
573C 24*40	24	18	12	13
573C 48*40	7	16	6	5
583C 12*40	409	483	230	210
583C 18*40	180	135	105	102
583C 24*40	122	90	52	48
583C 72*40	47	55	23	26

Tabla 6-41 Promedio de ventas diarias por trimestre en el 2006

Teniendo en cuenta que en el pasado ha habido periodos de cero inventario de hasta casi un mes, se sugiere que se de una reserva de seguridad que alcance para 15 días de ventas, en cada referencia, dicha reserva variara según lo propuesto en este proyecto trimestralmente. A continuación, en la Tabla 6-42, se expone las reservas de seguridad para cada referencia en cada trimestre, que resulta de multiplicar el promedio de ventas diarios por 15.

REFERENCIA	Trim 1	Trim 2	Trim 3	Trim 4
563C 12*23	8.349	4.496	2.610	4.335
563C 12*40	1.543	911	939	607

563C 18*23	9.060	7.542	4.397	4.888
563C 18*40	1.451	1.237	1.245	509
563C 24*23	10.742	9.559	6.773	5.970
563C 24*40	1.967	2.234	1.741	1.521
563C 38*25	843	812	474	463
563C 48*25	1.545	1.482	1.590	810
563C 48*40	3.767	3.325	2.079	1.832
566C 12*25	1.346	1.039	558	683
566C 12*40	1.342	1.708	717	471
566C 18*25	2.317	1.640	997	1.058
566C 18*40	1.963	2.365	882	960
566C 24*25	3.543	2.042	1.820	924
566C 24*40	3.061	4.206	2.078	1.418
566C 48*40	2.026	2.563	1.359	644
573C 12*40	206	140	99	42
573C 18*40	343	278	112	127
573C 24*40	354	272	177	196
573C 48*40	108	247	91	72
583C 12*40	6.141	7.241	3.451	3.151
583C 18*40	2.706	2.018	1.571	1.532
583C 24*40	1.837	1.351	779	718
583C 72*40	712	826	352	384

Tabla 6-42 Reserva de seguridad para 15 días de inventario

En el **Gráfico 6-39** se puede observar un ejemplo de la reserva de seguridad y su variación a través del tiempo de la referencia 563C 12*23.

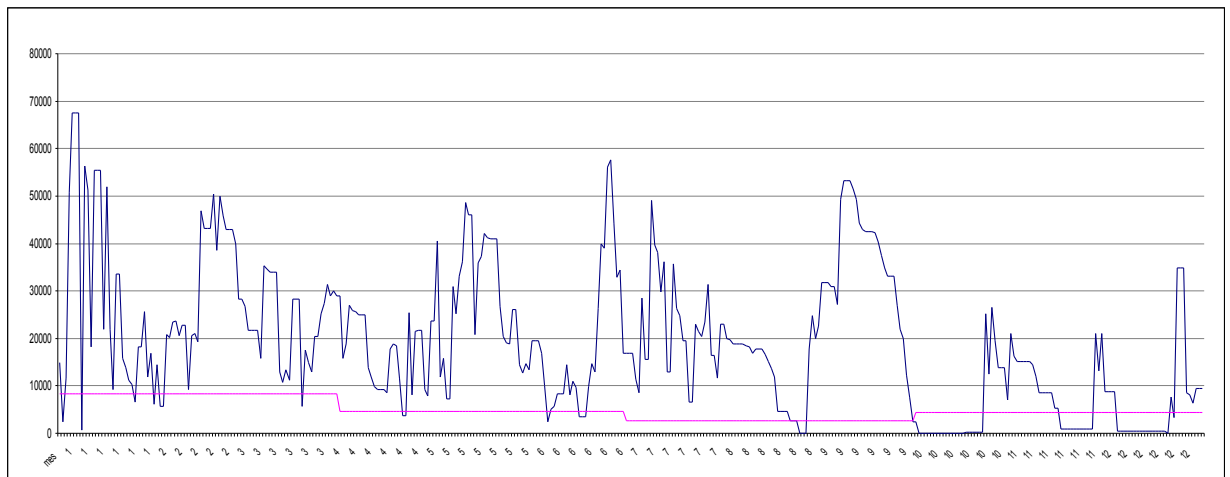


Gráfico 6-39 Inventario de seguridad para la referencia 563C 12*23

- Llevar a cabo la requisición de materiales con base en el plan de producción y el pronóstico de la demanda, como base para disminuir el número de incumplimientos de pedidos.

- Para la elaboración del programa de producción de cinta de enmascarar se hace necesario programar corridas en base al pronóstico de ventas por referencia, debido a que el alistamiento de maquina debe hacerse una vez por mes para no incurrir en tiempo improductivo, como se mencionó anteriormente para cada ancho se debe hacer un alistamiento de maquina, razón por la cual cuando se alista la maquina para un ancho todas las referencias de ese ancho deben ser fabricadas en esa corrida.
- Se debe tener en cuenta para realizar el programa de producción de cinta de enmascarar, que no se debe fabricar la totalidad de los rollos de la misma referencia pronosticados para el mes en el mismo lote de producción, las referencias deben ser fabricadas de forma intercaladas con el fin de que siempre haya un stock mínimo de cada una. Esto con el fin de poder cumplir con los pedidos de los clientes.
- Cumplir con los controles propuestos en el análisis de modos de fallas para mantener las condiciones de operación deseadas.

7. CONCLUSIONES

- El pronostico de la demanda para la fabricación de cintas adhesivas es de vital importancia no solo por la adecuada planificación de materiales sino porque los alistamiento de maquinas no admiten error en la cantidad de rollos a producir de cada referencia para el cumplimiento oportuno de pedidos, debido a que cada ancho requiere de un alistamiento especial.
- El cumplimiento del plan de requerimiento de materiales se debe dar al 100%, ya que la escasez de un insumo en cualquier punto del mes puede ocasionar que no se de cumplimiento de esa referencia en ese mes, debido a que cuando se alista una maquina para fabricar un ancho se debe producir todas las referencias de ese ancho, en caso de que no se pueda fabricar alguna referencia por falta de un insumo, este ocasionaría tiempo improductivo al momento de fabricarla debido al alistamiento que se hace para fabricar alguna referencia solo de la referencia afectada.
- Como se mostró en el análisis de modo fallas es importante que se le haga seguimiento a los controles propuestos, ya que esto es lo que garantizarían que las condiciones de operación se mantengan actualizadas. Además se debe reestrenar a los operarios para que todos comprendan y ayuden a mantener las condiciones de trabajo.

8. BIBLIOGRAFÍA

- ❖ CHASE, Aquilano Jacob. Administración de Producción y Operaciones.
Irwin Mc Graw Hill

- ❖ GARCIA CRIOLLO, Roberto. Estudio del trabajo. ingeniería de métodos,
México D. F, McGraw-Hill, 1998

- ❖ Introducción al estudio del trabajo, 4 ed, Noriega editores.

- ❖ SIPPER, Daniel. Planeación y control de la producción. México D.F.
McGraw-Hill, 1998

- ❖ MAYNARD, Harold Bright. Manual del ingeniero industrial. México.
Mcgraw-Hill, 1996