

**Universidad de Valparaíso
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil Industrial**



Propuesta de una herramienta que apoye las decisiones involucradas en la planificación de la producción para la empresa “Divisão de Ferramentas e Matrizes” que permita reducir la cantidad de pedidos atrasados a sus clientes y aborde a las decisiones de inventario

por

**Juan Carlos Castillo Hurtubia
Rocio Berenice Herrera Salgado**

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

Profesor Guía Carmen Ortiz

Diciembre 2015

Dedicatoria

*A mis padres,
Quienes me han apoyado durante todo el proceso,
Entregándome su amor.*

*A mis hermanos,
Que han estado en todo momento para apoyarme.*

*A mis tíos,
Que siempre están cuando los necesito.*

*A mi polola,
Que ha sido un pilar fundamental en este proceso.*

Juan Carlos Castillo Hurtubia

*A mi madre y hermana,
Quienes me han brindado su apoyo, amor y paciencia
cada día, las cuales me motivan a seguir.*

*A mis tíos y hermanos,
que sin ellos no sería lo que soy y sin duda me
han entregado suficiente amor de padres.*

*A mi padre,
quien a pesar de la distancia, me motiva a ser mejor.*

*A mi novio y su familia,
que me han abiertos los ojos para mirar con amor y
ver que Dios entrega hermosas personas como regalo.*

Rocio Berenice Herrera Salgado

Agradecimientos

Agradezco a mi familia por todo su apoyo, amor y paciencia. Saber que siempre seguirán apoyándome y llenándome de amor, es motivación suficiente para seguir avanzando, muchas gracias.

Agradezco a mi polola Susana por confiar todo momento en mí, especialmente durante este proceso, por su amor y palabras que me ayudan a seguir adelante en los momentos difíciles.

Agradezco a Rocio Herrera, por ser una gran amiga y excelente compañera durante toda mi etapa universitaria, además ha marcado esta etapa con su gran cariño, comprensión y fe.

Agradezco a nuestra profesora Carmen Ortiz, por guiarnos en este proceso y entregarnos conocimientos necesarios para seguir avanzando.

Agradezco a mis amigos, porque han sido parte fundamental de mi proceso universitario y mi crecimiento como persona, muchas gracias por acompañarme, darme ánimo para seguir adelante. Siempre estarán en mi corazón.

Juan Carlos Castillo Hurtubia

Agradezco a Dios por permitirme experimentar su amor de diferentes maneras y este es un ejemplo más del mismo, gracias por todo lo que me has dado y me seguirás dando, todo es por y para ti, la Gloria es Tuya Dios.

Agradezco a mi hermosa familia por todo su apoyo a lo largo de mi vida y porque son lo máspreciado que Dios me ha dado, gracias por todo.

Agradezco a mi novio Andrés por todo su apoyo y amor incondicional, por llegar a mi vida cuando más lo necesitaba y porque sin duda es mucho más de lo que imaginé.

Agradezco a Juan Carlos Castillo, mi amigo y compañero, quien con su paciencia, palabras y cariño ha hecho de esta etapa una mejor experiencia de vida y no habría tenido un mejor compañero de tesis, muchísimas gracias.

Agradezco sin duda el apoyo de nuestra profesora guía Carmen Ortiz, por su paciencia, entrega de conocimientos y el compartir momentos de vida invaluable que me seguirán por siempre.

A su vez agradecer a Cristina Díaz, ya que ella más que entregar una perfecta labor como trabajadora es una leal y buena amiga, gracias por esas interminables horas de amor que me entregó y ayuda incondicional.

Rocio Berenice Herrera Salgado

ÍNDICE

Glosario.....	5
Lista de Abreviatura y Siglas.....	7
Lista de Símbolos.....	8
Lista de figuras.....	9
Lista de tablas.....	10
Lista de Gráficas	12
Resumen	13
Introducción.....	14
1. CAPÍTULO I: ANTECEDENTES DE LA EMPRESA	15
1.1 Historia de la empresa	15
1.2 La organización	16
1.3 Productos y servicios	17
1.3.1 Conexiones.....	18
1.3.2 Filtros.....	18
1.3.3 Productos dedicados	19
1.3.4 Electro-Electrónico.....	19
1.3.5 Servicios	20
1.4 Clientes	21
1.5 Áreas de producción	23
1.5.1 Equipo Utilizado	24
1.5.2 Procesos de producción en DFM	29
1.5.3 Proceso de DFM	31
1.5.4 Turnos de trabajo	32
1.6 Planteamiento del problema a estudio	33
1.7 Objetivos generales y específicos.....	38
2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	39
2.1 Pronósticos de demanda	39
2.1.1 Componentes de la demanda	40
2.1.2 Horizonte de tiempo del pronóstico	40
2.1.3 Métodos Cuantitativos	41
2.1.4 Errores de pronósticos	44

2.2	Planificación de la producción.....	47
2.2.1	Capacidad de producción.....	49
2.3	Plan de producción	49
2.4	Estrategias de planificación y control de la producción.....	51
2.4.1	Técnica analítica	51
2.4.2	Técnica de simulación.....	52
3.	CAPÍTULO III: SOLUCIÓN PROPUESTA.....	55
3.1	Análisis de productos seleccionados.....	56
3.1.1	Costo de producción asociados	58
3.2	Construcción pronóstico de demanda	59
3.2.1	Pronostico de demanda	60
3.3	Desarrollo de la herramienta de planificación de la producción	68
4.	CAPÍTULO IV: RESULTADO Y ANÁLISIS	74
4.1	Resultados obtenidos y análisis	74
4.2	Implementación del modelo propuesto.....	84
5.	CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y PROPUESTA	88
5.1.	Conclusiones.....	88
5.2.	Recomendaciones y propuesta.....	90
	BIBLIOGRAFÍA	92
	ANEXOS	94
	Anexo A: Productos.....	94
	Anexo B: Costos de Confección.....	96
	Anexo C: Demanda Real.....	98
	Anexo D: Pronósticos Y Errores.....	99
	Anexo E: Tablas utilizadas en modelo generado.....	113
	Anexo F: Producción Semanal	117
	Anexo G: Resultados Modelo	118

Glosario

- **Refrigeración:** es un proceso que consiste en bajar o evitar que suba el nivel de calor de un cuerpo o un espacio.
- **Matriz:** molde con que se da forma a alguna cosa, como en los que se funden objetos de metal que han de ser idénticos. Original del que se extraen copias.
- **Calefacción:** es una forma de climatización que consiste en aportar calor a los espacios cerrados y habitados, cuando las temperaturas exteriores son bajas (estación invernal) conforme sean las necesidades.
- **Productos dedicados:** sección de DFM especializada en la fabricación de productos específicos por el requerimiento de algún cliente.
- **Climatización:** consiste en crear unas condiciones de temperatura, humedad y limpieza del aire adecuadas para la comodidad dentro de los espacios habitados.
- **Acumulador:** es un dispositivo capaz de transformar energía potencial química en energía eléctrica.
- **Uniones de acero:** medios de unión de estructuras metálicas.
- **Electro-electrónico:** está formado por una fuente de alimentación que le proporciona energía, cables y otros elementos como bombillas, interruptores, bobinas, imanes, motores, etc. E incluye además otros elementos como, diodos, transistores, chips, procesadores. Todos estos se organizan en circuitos, destinados a controlar y aprovechar las señales eléctricas.
- **Porta fusible:** Soporte contenedor del fusible que lo permite conectar en serie con el circuito a proteger.
- **Terminal:** el extremo de un conductor que facilita su conexión con un aparato.
- **Conexiones:** Atadura o unión entre diferentes enlaces o aparatos.
- **Padrón:** se refiere a un ejemplar que es el prototipo de una secuencia.

- **Filtro:** Aparato que elimina determinadas frecuencias en la corriente eléctrica que lo atraviesa. O bien, un material poroso por el cual se hacen pasar determinados compuestos para dejarlo puro.
- **Centro de mecanizado:** es una máquina altamente automatizada capaz de realizar múltiples operaciones de maquinado en una instalación bajo CNC con la mínima intervención humana.
- **Peças:** palabra en portugués que significa “piezas”.
- **Ar:** palabra en portugués que significa “aire”.
- **Nota fiscal:** es un documento fiscal que tiene por fin, el registro de una transferencia de propiedad sobre un bien o una actividad comercial prestada por una empresa a una persona o empresa.
- **Sistematización:** al proceso por el cual se pretende ordenar una serie de elementos, pasos, etapas, etc., con el fin de otorgar jerarquías a los diferentes elementos.

Lista de Abreviatura y Siglas

- DFM: Divisão de Ferramentas e Matrizes Ltda. empresa.
- US\$: Dólares estadounidenses.
- Dep: Departamento.
- Sr: Señor.
- CNC: Torno.
- LTDA: Limitada.
- S.A: Sociedad Anónima.
- PNF: Nota fiscal, Brasil.
- COD: Código.
- R\$: Reales, unidad monetaria.
- MP: Materia Prima.
- SP: São Paulo.
- RS: Rio Grande do Sul.
- PR: Paraná, Brasil.
- SC: Santa Catarina, Brasil.
- AM: Amazonas, Brasil.
- Pçs: Peças, piezas.

Lista de Símbolos

- Σ : Sumatoria.
- \leq : Menor o igual a
- \geq : Mayor o igual a
- $=$: Igual
- \wedge : y
- $>$: Mayor a
- $<$: Menor a
- \neq : Distinto
- \forall : Para todo
- $+$: Suma
- $-$: Resta

Lista de figuras

Figura 1.1 – Edificio Empresa	16
Figura 1.2 - Estructura Jerárquica	16
Figura 1.3- Conexiones	18
Figura 1.4 - Filtros	18
Figura 1.5 - Piezas Dedicadas	19
Figura 1.6 - Productos Compuestos	20
Figura 1.7 - Servicio de Pintura	20
Figura 1.8 - Centro de Mecanizado	20
Figura 1.9 - Prensa Mecánica	24
Figura 1.10 - Sierra Mecánica Industrial.....	25
Figura 1.11 - Dobladora	25
Figura 1.12 - Cortadora	25
Figura 1.13 - Torno.....	26
Figura 1.14 - Torno.....	26
Figura 1.15 - Torno.....	26
Figura 1.16 - Torno CNC.....	27
Figura 1.17 - Inyectora	27
Figura 1.18 - Horno Pequeño	28
Figura 1.19 - Layout Piso de Producción DFM.....	30
Figura 1.20 - Flujo de procesos de la empresa	31
Figura 1.21 - Programa de Producción Fuente: empresa DFM.....	36
Figura 3.1 -Pieza COD 3459	56
Figura 3.2 - Pieza COD 6359	57
Figura 4.1 - Carta Gantt Para Implementación.....	85
Figura 6.1 - Pieza Código 3459.....	94
Figura 6.2 - Pieza Código 4856.....	94
Figura 6.3 - Pieza Código 5641	94
Figura 6.4 - Pieza Código 6359.....	95
Figura 6.5 - Pieza Código 7873.....	95

Lista de tablas

Tabla 1.1 - cantidad de máquinas y horas totales de trabajo semanal.....	32
Tabla 1.2 - Turno y Horas	32
Tabla 1.3 - Evaluación del control de inventario.....	35
Tabla 1.4 Producción Julio 2014	37
Tabla 2.1 Clasificación de Pronósticos.....	46
Tabla 2.2 - Técnica Analíticas	53
Tabla 2.3 - Técnica de Simulación	53
Tabla 3.1 - Catálogo Productos.....	56
Tabla 3.2 - Costos de Fabricación.....	58
Tabla 3.3 - Valor Hora	58
Tabla 3.4 - Costo procesos Pieza COD 3459.....	59
Tabla 3.5 - Costo procesos Pieza COD 6359.....	59
Tabla 3.6 - Segmentación de la Demanda	60
Tabla 3.7 - Errores Pieza COD 3459.....	64
Tabla 3.8 - Errores Pieza COD 6359.....	64
Tabla 3.9 - Pronósticos y errores	67
Tabla 3.10 - Conjunto j con su respectivo proceso y maquinaria a usar	70
Tabla 4.1 - Demanda Mes Agosto 2013.....	74
Tabla 4.2 - Demanda Mes Septiembre 2013.....	74
Tabla 4.3 - Demanda Mes de Octubre 2013	75
Tabla 4.4 - Demanda Porcentual Semanal	75
Tabla 4.5 - Resumen Mes de Agosto 2013	76
Tabla 4.6 - Resumen Mes de Septiembre.....	76
Tabla 4.7 - Resumen Mes de Octubre	76
Tabla 4.8 - Costos De Producción Agosto-October 2013.....	78
Tabla 4.9 - Horas de Uso Maquinarias Agosto-October 2013	78
Tabla 4.10 - Costos de Producción Agosto-October 2013 Modelo.....	79
Tabla 4.11 - Comparación Costos de Producción Agosto-October 2013	79
Tabla 4.12 - Tiempos utilización de maquinaria según modelo Agosto-October 2013	80
Tabla 4.13 - Resumen Modelo Mes de Agosto	80
Tabla 4.14 - Resumen Modelo Mes de Septiembre	80
Tabla 4.15 - Resumen Modelo Mes de Octubre.....	81
Tabla 4.16 - Diferencia Balances Final de periodos entre real y modelo (unidad de producto) Fuente: Elaboración Propia	81
Tabla 4.17 - Diferencia tiempo de uso maquinarias (Horas)	82
Tabla 4.18 - Diferencia en Costos de Producción (unidad monetaria basada en real)	83
Tabla 4.19 - Gastos de Implementación.....	87
Tabla 6.1 - Costo procesos Pieza COD 104.....	96
Tabla 6.2 - Costo procesos Pieza COD 3515.....	96

Tabla 6.3 - Costo procesos Pieza COD 4856.....	96
Tabla 6.4 - Costo procesos Pieza COD 5641.....	97
Tabla 6.5 - Costo procesos Pieza COD 7873.....	97
Tabla 6.6 - Demanda 48 Meses	99

Lista de Gráficas

Gráfica 1.1 - Clientes DFM.....	22
Gráfica 3.1 - Ventas Pieza COD 3459.....	61
Gráfica 3.2 - Ventas Anuales Pieza COD 3459.....	61
Gráfica 3.3 - Ventas Pieza COD 6359.....	62
Gráfica 3.4 - Ventas anuales Pieza COD 6359	62
Gráfica 3.5 - Pronostico Pieza COD 3459.....	63
Gráfica 3.6 - Pronostico Pieza COD 6359.....	63
Gráfica 3.7 - Diagrama de un rezago Producto COD 3459	65
Gráfica 3.8 - Diagrama Cuantil-Cuantil COD 3459.....	66
Gráfica 3.9 - Diagrama de un rezago Producto COD 6359	66
Gráfica 3.10 - Diagrama Cuantil-Cuantil Producto COD 3459.....	67
Gráfica 6.1 - Ventas Anuales Producto 104.....	99
Gráfica 6.2 Ventas Observadas Producto 104	100
Gráfica 6.3 - Pronóstico Producto 104	100
Gráfica 6.4 - Diagrama de un rezago (errores) Producto 104	101
Gráfica 6.5 - Diagrama Cuantil - Cuantil Producto 104	101
Gráfica 6.6 - Ventas Anuales Producto 3515	102
Gráfica 6.7 - Ventas Observadas Producto 3515	102
Gráfica 6.8 - Pronóstico Pieza 3515.....	103
Gráfica 6.9 - Diagrama de un rezago producto 3515	103
Gráfica 6.10 - Diagrama Cuantil-Cuantil Producto 3515	104
Gráfica 6.11 - Ventas Anuales Producto 4856	105
Gráfica 6.12 - Ventas Observadas Producto 4856 Fuente: Elaboración Propia..	105
Gráfica 6.13 - Pronóstico Producto 4856	106
Gráfica 6.14 - Diagrama de un rezago Producto 4856	106
Gráfica 6.15 - Diagrama Cuantil-Cuantil Producto 4856	107
Gráfica 6.16 - Ventas Anuales Producto 5641	108
Gráfica 6.17 - Ventas Observadas Producto 5641	108
Gráfica 6.18 - Pronóstico Producto 5641	109
Gráfica 6.19 - Diagrama de un rezago Producto 5641	109
Gráfica 6.20 - Diagrama Cuantil-Cuantil Producto 5641	110
Gráfica 6.21 - Ventas Anuales Producto 7873	110
Gráfica 6.22 - Ventas Observadas Producto 7873	111
Gráfica 6.23 -Pronóstico Producto 7873	111
Gráfica 6.24 - Diagrama de un rezago Producto 7873.....	112
Gráfica 6.25 - Diagrama Cuantil-Cuantil Producto 7873	112

Resumen

El objetivo de esta memoria de título es proponer una herramienta para planificar la producción en la empresa Divisão de Ferramentas e Matrizes Ltda. (DFM), que reduzca la cantidad de pedidos atrasados a sus clientes y además apoye las decisiones de inventario, mediante la construcción de un modelo de programación lineal. Para esto, se proponen en primera instancia modelos de pronósticos de demanda, necesarios para estimar lo que podría ser la demanda en los periodos futuros y a su vez, se desarrolla la herramienta de apoyo para la toma de decisiones relacionadas con la planificación de la producción en la empresa.

Para la construcción de los pronósticos de demanda, se utilizó información histórica de ventas de un periodo de cuatro años (mayo 2010 a abril 2014). Con estos datos de DFM y los diferentes métodos de pronósticos, se realizan las proyecciones para los periodos posteriores, los que finalmente alimentarán el modelo de optimización.

Se planifica la producción mediante la minimización del costo total de producción, que incluye mano de obra, materia prima e inventario; abordando restricciones de demanda, inventario y capacidad. Con el fin de validar la aplicación del modelo se seleccionaron siete productos representativos de DFM, éstos corresponden 80% de las ventas de la empresa y por consecuencia, son de gran relevancia para ella.

Los resultados obtenidos indican que el modelo logra hasta un 21,51% de ahorro en los costos totales de producción. La información arrojada por el modelo indica en qué periodo se debe producir para satisfacer la demanda bajo las restricciones del sistema, permitiendo a DFM planificar la producción con respecto a la mantención de las máquinas, determinar los tiempos de despacho de productos a los clientes, disminuir el atraso de entrega de los pedidos y además, tomar decisiones de inventario.

Finalmente, se puede concluir que la herramienta diseñada es útil para la empresa, ya que disminuye costos, proporcionando información para la toma de decisiones, de modo que permita a la empresa enfocarse en adquirir nuevas ventajas competitivas y aumentar su participación en el mercado.

Introducción

DFM es una empresa localizada en Caxias do sul, Brasil, enfocada en el ramo metalúrgico, especialmente en la fabricación de productos para refrigeración y climatización. Fue fundada en 1985, iniciando sus actividades con la prestación de servicios en la elaboración de matrices y fabricación de herramientas, pero sólo en el año 1990, lanzó una pequeña línea de productos propios, fabricando componentes electrónicos. En 1996, la empresa decide ampliar aún más su mercado, abarcando el sector de calefacción, aire acondicionado, refrigeración y ventilación para instalarse como proveedor de dicho nicho.

Sus objetivos son priorizar la calidad de los productos ofrecidos; obtener la mayor rentabilidad posible y estar al frente de la competencia, acentuando la pronta entrega de pedidos a sus clientes. Actualmente atiende a diversos estados brasileros, direccionando su foco, principalmente, en la región sur y sureste de Brasil.

Sin embargo, en DFM la planificación de la producción no es eficiente provocando múltiples falencias, siendo las más importantes: incumplimiento en las fechas de entrega de pedidos a los clientes y mayores costos en la producción. Además de esto, el problema trae consigo la poca claridad en relación a los requerimientos de inventario, generando la mala toma de decisiones. Diversos autores señalan que los problemas de planificación de la producción no son fáciles de resolver debido precisamente, a la falta de claridad en el proceso de toma de decisiones, el alto número de variables involucradas y la incertidumbre a la que se ve expuesta.

Para lograr el objetivo de esta memoria, se construyó un modelo de programación lineal, el cual apoya la planificación de la producción en la empresa. Para validar el modelo, y comprobar el correcto funcionamiento de la herramienta antes de evaluar en la empresa, éste fue alimentado con datos históricos de DFM.

En capítulo I, se presentan los antecedentes de la empresa. En el capítulo II, el marco teórico en el cual se basó este trabajo de título. En el capítulo III, se desarrolla la herramienta propuesta, siendo ésta un modelo matemático, además se muestra un ejemplo con datos históricos para lograr una mejor comprensión de éste y se explica la planificación desarrollada con los resultados obtenidos por el modelo. En el capítulo IV, se hace el análisis de los resultados en conjunto con un análisis económico de la propuesta. Finalmente en el Capítulo V se encuentran las conclusiones a las que se llega una vez que se desarrolla el modelo y analizan los resultados.

CAPÍTULO I: ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

1.1 Historia de la empresa

DFM, Divisão de Ferramentas e Matrizes Ltda., es una empresa Brasileira dedicada a la fabricación de componentes para equipos de refrigeración y aire acondicionado. Está situada en el polo industrial de la sierra gaucha, fue fundada en 1985 por Dacio Costa Cardoso y actualmente es administrada por su hijo, Fernando Cardoso.

Inicialmente comenzó sus actividades con la prestación de servicios a empresas elaborando matrices y fabricación de herramientas. En 1990, la empresa produjo una línea propia de productos, fabricando componentes para el segmento electrónico. Ya en 1996, con el fin de expandir el negocio, la empresa se centró en el sector de calefacción, aire acondicionado, refrigeración y ventilación, instalándose como proveedor de este mercado, y así atender la demanda de conexiones y cañerías de cobre.

En los primeros años de actuación con foco en este sector de la industria, la empresa trabajó intensamente en la divulgación de sus productos. Tras estos esfuerzos, lograron transformarse en una empresa que es referencia en el país en cuanto al desarrollo de conexiones de cobre.

Actualmente, DFM se posiciona como uno de los principales fabricantes nacionales del segmento, expandiendo su línea de producción para la fabricación de productos especializados en las necesidades de sus clientes (también llamados “Productos dedicados”).

El equipo de trabajadores es liderado por el Sr. Dacio Costa Cardoso, el cual es responsable del área técnica, y su hijo, el Sr. Fernando Cardoso es el responsable por el área administrativa en general.

Las ventas de la empresa giran en torno de R\$ 5.593.695 (US\$ 1.500.000) por año, siendo que, en el periodo de verano se tiene un ápice, por ser la época en que hay mayor consumo de materiales de refrigeración y climatización.

En el futuro la empresa pretende seguir ampliando su mercado, aunque su principal objetivo es mantener la buena atención y la fidelización de sus clientes.



Figura 1.1 – Edificio Empresa
Fuente: Empresa DFM

1.2 La organización

La organización de la empresa, está compuesta por integrantes de la familia Cardoso y colaboradores externos. Su estructura jerárquica es de tipo vertical, la cual se puede apreciar en la Figura 1.2, donde las decisiones fluyen en sentido descendente, desde el gerente administrativo y de producción, hasta los distintos departamentos.

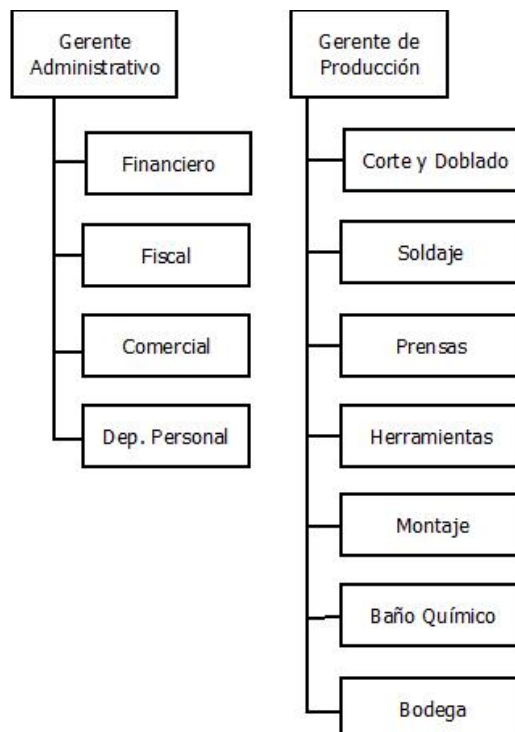


Figura 1.2 - Estructura Jerárquica
Fuente: Elaboración Propia

Los principales cargos en la empresa son los desempeñados por los dueños, ya que en el área administrativa, el gerente es el encargado de tomar las decisiones relevantes en cuanto a la gestión y administración en DFM. Además, es necesario aclarar, que esta área solo cuenta con dos colaboradores para cubrir Recursos Humanos y Comercial. El resto de cargos son suplidos por el Gerente Administrativo, Sr. Fernando Cardoso, propietario de la empresa.

El gerente de producción, Sr. Dacio Costa Cardoso, el otro propietario, es el encargado de derivar tareas a los distintos subordinados y dirigir el cumplimiento de éstas para la eficiente fabricación de productos.

Cabe destacar, que los gerentes de las diferentes áreas trabajan coordinadamente, lo que les permite cumplir sus metas, tienen un papel fundamental para el desarrollo de las actividades empresariales, ya que ellos son los responsables del desarrollo y crecimiento de la organización.

La empresa agrega al hecho de poseer poco niveles jerárquicos en la organización, la buena relación con sus colaboradores y principalmente entre los propios colaboradores. En el día a día no es exigido un comportamiento formal de los colaboradores en sus relaciones de trabajo.

DFM estimula las relaciones informales entre sus colaboradores, promoviendo cenas de confraternización con funcionarios y familias, realizando también una gran fiesta de final de año, entre otros acontecimientos que permitan fortalecer las relaciones en la organización.

1.3 Productos y servicios

DFM ofrece una completa línea de componentes para equipos de refrigeración y aire acondicionado, como: filtros, bastones, térs, curvas, piezas de expansión y reducción, evaporadores, distribuidores, acumuladores, uniones de acero, entre otros. Así como componentes para equipo electro-electrónicos, porta fusibles y terminales.

Actualmente, la producción se divide en cuatro líneas de productos: Conexiones, filtros, proyectos dedicados y electrónicos.

1.3.1 Conexiones

Confeccionados principalmente para el área de la construcción civil, en el montaje de cañerías de cobre, también se utiliza en los aparatos de aire acondicionado, para el montaje de cámaras frigoríficas, entre otros usos. Las conexiones, en general, son padrones, es decir, productos de línea, que no sufren alteraciones en su forma o medida. En la Figura 1.3 se pueden observar algunos tipos de estos productos.



Figura 1.3- Conexiones

1.3.2 Filtros

Línea de productos específicos para el montaje de aparatos de aire acondicionado y refrigeración, tanto para uso doméstico como industrial. En la Figura 1.4 se presentan algunos filtros comercializados por la empresa.



Figura 1.4 - Filtros

1.3.3 Productos dedicados

Son productos desarrollados de acuerdo a la especificación de los clientes, es decir, se fabrican de manera personalizada, atendiendo las necesidades exactas de éstos. En general, son comercializados para el área automotriz, elaborando piezas para la instalación de aire acondicionado en autos e principalmente buses.

Estos productos generalmente son de valores elevados, tanto para la empresa compradora como para el fabricante (DFM), ya que muchas veces exige herramientas especiales a ser desarrolladas por la empresa. En la Figura 1.5 se muestran algunos de los proyectos dedicados que DFM fabrica.



Figura 1.5 - Piezas Dedicadas

1.3.4 Electro-Electrónico

Estos productos se fabrican en línea y están compuestos, generalmente, por una parte metálica y una plástica. Actualmente la empresa solo provee estos productos a antiguos clientes, por lo que no se está invirtiendo en este ramo, lo que implica la no renovación de los mismos. En la Figura 1.6, se pueden apreciar los productos pertenecientes a esta categoría.



Figura 1.6 - Productos Compuestos

1.3.5 Servicios

La empresa también ofrece una pequeña gama de servicios, los cuales se realizan con poca frecuencia, pero sin duda han ayudado a ampliar su mercado y fidelizar sus clientes. Los servicios que DFM ofrece son: Pintura de piezas (con técnica de polvo) figura 1.7, utilización del centro de mecanizado, figura 1.8 y del torno CNC.

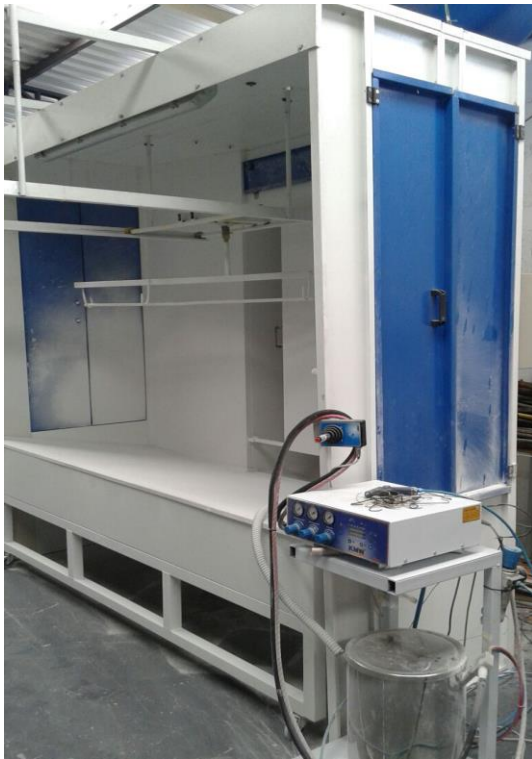


Figura 1.7 - Servicio de Pintura



Figura 1.8 - Centro de Mecanizado

1.4 Clientes

Los clientes que posee DFM son empresas instaladoras de aire acondicionado y de sistemas de refrigeración, además, otras industrias del segmento utilizan los productos como componentes para sus equipos.

DFM atiende la gran demanda de la construcción civil y del área automotriz, y es de conocimiento para la empresa que se requiere constancia y solidez en los productos. La empresa ha trabajado y sigue trabajando para atender de manera eficiente la entrega de pedidos a sus clientes, aseverando que este punto es su diferenciador principal como empresa. La calidad de los productos, siempre con la mejor materia prima, también es garantía para los clientes. Por ser industrias e instaladores, la entrega a tiempo es esencial para obtener éxito en las ventas.

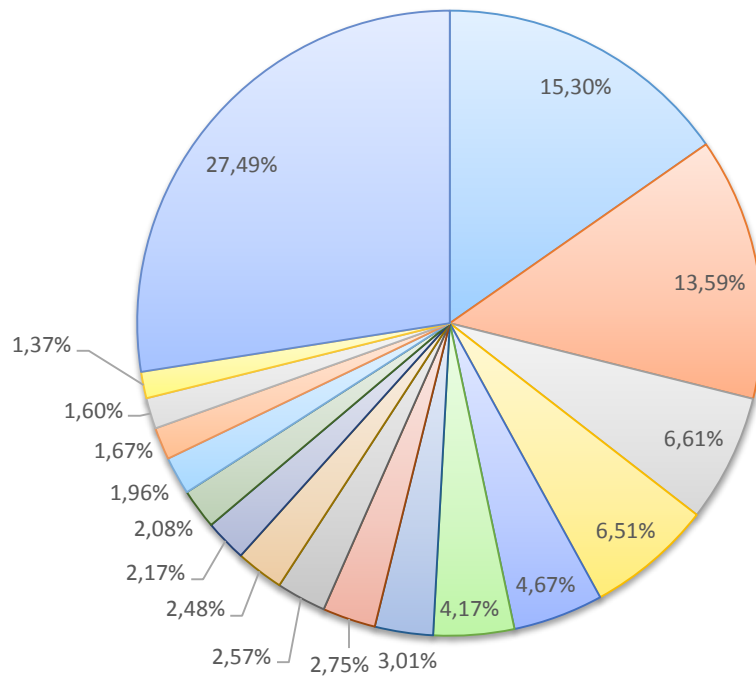
La mayoría de los consumidores son del sector industrial, por lo que DFM pretende atender siempre las exigencias y necesidades de los mismos, fabricando piezas conforme a los diseños de padrones, o bien, creando nuevos productos para los de estilo dedicado.

El mayor porcentaje de ventas de la empresa, está distribuido entre los estados de Sao Paulo, Rio Grande do Sul, Paraná, Rio de Janeiro y Goiás.

DFM cuenta con más de 550 clientes registrados en su sistema. A continuación se muestra el Gráfico 1.1, el cual permite identificar los principales clientes, los que juntos suman aproximadamente el 70 % de facturación.

A su vez, se puede observar que Atlas Copco Brasil LTDA., y Thermokey do Brasil, suman el 28,89% de facturación, siendo un porcentaje representativo para la empresa, ya que los posiciona dentro de sus clientes más fuertes a la hora de demandar sus productos. Además, es necesario señalar, que un factor relevante para DFM es tener dentro de sus clientes a Marcopolo S.A, una de las mayores fabricantes mundiales de buses, ya que si bien no es uno de sus clientes más grandes, el solo hecho de abastecerlos de ciertos productos, permite que DFM se vuelva más competitiva y su nombre figure en la zona sur de Brasil.

Gráfico Clientes. Periodo: 01/01/2010 a 31/12 2010



- ATLAS COPCO BRASIL LTDA-SP
- HEATCRAFT DO BRASIL LTDA - SP
- EVACON EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LTDA - SP
- MARCOPOLO S/A - UNIDADE ANA RECH - RS
- DISPARCON DIST. DE PECAS PARA AR COND.LTDA - SP
- CAR-AIR REFRIGERACAO LTDA - RS
- PIRELLI PNEUS LTDA - RS
- AGRAZ REFRIGERACAO LTDA - RS
- OTROS
- THERMOKEY DO BRASIL IND. COM. DE EQ. LTD - PR
- VOGES METALURGIA LTDA - RS
- INDUSTRIA BRASILEIRA DE EVAPORADORES LTDA - SP
- AUDEN REFRIGERACAO LTDA - PR
- MARCOPOLO S/A - UNIDADE PLANALTO - RS
- SEDES ELBAC IND. DE RESISTENCIAS LTDA - PR
- AMP REFRIGERACAO LTDA - PR
- INTELBRAS S/A IND TEL ELETR BRASILEIRA - SC e AM

Gráfica 1.1 - Clientes DFM
Fuente: Empresa DFM

1.5 Áreas de producción

El área de producción es la fuente motora de una empresa, ya que es aquí donde se transforma la materia prima en productos finales para la comercialización, en DFM éstas se transforman en componentes para equipos de refrigeración y aire acondicionado, pudiendo ser filtros, conexiones o productos que determinados clientes necesitan. Además, la empresa presta servicio de pintura para clientes esporádicos y fabricación de componentes en el Centro de Mecanizado o Torno CNC, para aquellos que envían sus diseños a realizar.

Esta área cuenta con la mayor participación dentro de la empresa, debido a que es la generadora de ingresos, en el transcurso de su actividad los procesos productivos consumen recursos y producen salidas, se miden y cuantifican, los cuales proporcionan información muy importante sobre el funcionamiento y posibles mejoras en eficiencia, calidad, producción, productividad y costos.

La producción se organiza jerárquicamente y es dirigida por el gerente de producción, Sr. Dacio Cardoso. DFM cuenta con 16 trabajadores en la única planta de fabricación, además cabe señalar, que sus colaboradores poseen un alcance de estudio, básico y medio, sólo uno de ellos, está formándose para Ingeniero Mecánico, sin embargo, todos éstos poseen más de 5 años de experiencia, los cargos en que se desenvuelven son:

- **Pintor:** persona encargada del sector de pintura, se realizan trabajos específicos para los clientes que piden el servicio, además de pintar continuamente los soportes para los equipos de aire acondicionado.
- **Operador de máquina:** opera realizando trabajos en las máquinas de doblado, rebarbado y prensas cortadoras.
- **Auxiliar General:** los auxiliares se encargan de apoyar las tareas para las distintas máquinas y atender cualquier sector operacional dentro de la fábrica.
- **Operador de baño:** se trata de una persona que se encarga de realizar el baño de las piezas cada vez que éstas son cortadas.
- **Auxiliar de Herramientas:** la persona que trabaja auxiliando, se encarga de realizar, periódicamente, las mantenciones a los equipos de trabajo y máquinas.
- **Programador de centro de Torneado:** el programador se encarga de diseñar o rediseñar componentes en el centro de tornado.

- **Soldador:** se encarga de realizar las soldaduras a todos los componentes que los requieren.

1.5.1 Equipo Utilizado

En la planta de producción de DFM se utilizan equipos y máquinas de tipo automático y manual, la mayoría de éstas son fabricadas por uno de los dueños, quien cuenta con el conocimiento para la fabricación y que las ha desarrollado desde el nacimiento de la empresa hasta el día de hoy, además él señala que prefiere utilizar sus máquinas ya que puede moldearlas cuanto desee.

El resto de la maquinaria es de procedencia europea y argentina, a continuación se detallan cada una de las máquinas utilizadas:

- **Prensa mecánica o prensadora:**

Máquina que acumula energía mediante un volante de inercia y la transmite mecánicamente o neumáticamente a una matriz mediante un sistema de biela-manivela, la cual se puede observar en la figura 1.9. DFM cuenta con cuatro prensas, dos prensas grandes para las resistencias y fusibles, y dos prensas pequeñas para el corte de telas de los filtros.



Figura 1.9 - Prensa Mecánica

- **Cortadora o sierra mecánica industrial:**

Maquina utilizada para el corte de metal, consta de una sierra circular la cual permite dar cortes al cobre y latón, esta máquina fue fabricada por uno de los dueños de la empresa hace más de 15 años, a continuación se puede observar en la figura 1.10. La empresa cuenta con dos cortadoras, para los diferentes diámetros de tubos.

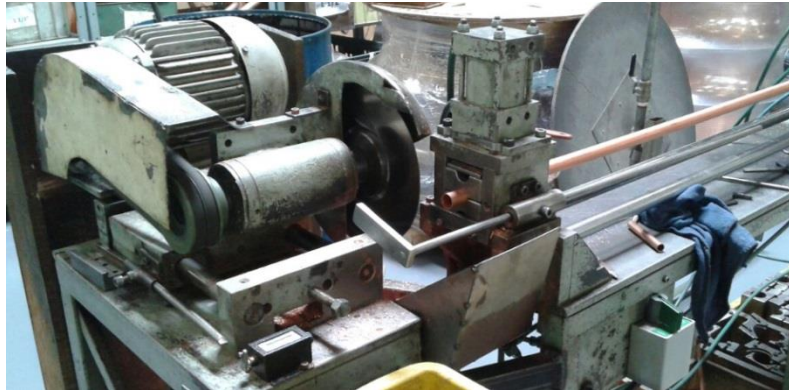


Figura 1.10 - Sierra Mecánica Industrial

- **Dobladora y Cortadora:**

Máquina que realiza una doble función, la cual se debe calibrar según las especificaciones deseadas, para el doblado y diámetro del tubo; las funciones que realiza son: doblado de tubos según dimensiones y posteriormente, se corta con la sierra circular. Esta máquina es utilizada para fabricar las curvas de 180°, hasta un diámetro de 1 ¼ de pulgada. En la figura 1.11 se observa la máquina doblando los tubos y en la figura 1.12 se muestra a la máquina realizando el proceso de corte al tubo.



Figura 1.11 - Dobladora



Figura 1.12 - Cortadora

- **Torno:**

Se denomina Torno a un conjunto de máquinas y herramientas que permiten mecanizar piezas de forma geométrica de revolución. Operan haciendo girar la pieza a mecanizar, mientras una o varias herramientas de corte son empujadas en un movimiento regulado de avance contra la superficie de la pieza. En las figuras 1.13, 1.14, 1.15 se muestran los tipos de torno que posee la empresa.



Figura 1.13 - Torno



Figura 1.14 - Torno



Figura 1.15 - Torno

- **Torno CNC:**

Es un torno dirigido por control numérico por computadora. Permite gran capacidad de producción y precisión en el mecanizado por su estructura funcional y la trayectoria de la herramienta de torneado. El ordenador es quien controla la máquina, procesa las órdenes de ejecución del software. Este torno tiene una capacidad productiva más lenta que los tornos antes mencionados, sin embargo, tiene mejor acabado, a continuación en la figura 1.16 se muestra el torno CNC.



Figura 1.16 - Torno CNC

- **Inyectora:**

Una máquina inyectora es un equipo capaz de plastificar el material polimérico y bombearlo hacia un molde en donde llena una cavidad y adquiere la forma del producto deseado, esta máquina es nueva en DFM y se muestra en la figura 1.17.



Figura 1.17 - Inyectora

- **Horno:**

Un horno es un dispositivo que genera calor y lo mantiene en un compartimiento cerrado. Se utiliza para el secado de piezas de cobre, o bien para conformar de mejor manera la pintura de piezas o productos. DFM cuenta con un horno pequeño y uno grande. En la figura 1.18 se muestra el horno pequeño, para piezas de tamaño inferior.



Figura 1.18 - Horno Pequeño

- **Secadora:**

Maquina conformada por un material especializado que permite el secado de las piezas que entran en contacto él, esto se logra mediante un proceso de alta vibración que dura 2 horas como mínimo para piezas pequeñas, hasta 8 horas para piezas de tamaño mayor.

1.5.2 Procesos de producción en DFM

En DFM los productos deben pasar por diversos procesos antes de ser embalados y entregados al cliente. A continuación se describen los distintos procesos por los que pasan los productos:

Corte: es el proceso que se utiliza casi en la totalidad de las piezas fabricadas por DFM, aquí la materia prima es medida según la longitud del producto a elaborar y luego la sierra mecánica realiza el corte, para continuar con su producción.

Doblado: proceso que sigue del corte, la pieza cortada se dobla hasta conseguir el ángulo que se desea en específico confeccionar. Este proceso lo realiza generalmente la misma máquina que corta, sin embargo, existen algunas excepciones dependiendo del diámetro del producto, donde el doblado lo realiza una máquina distinta.

Prensado: proceso en el cual se deforman los materiales al aplicar presión con la prensa. Este es utilizado para crear terminales en algunos productos y dar forma en otros, como por ejemplo, en los fusibles distribuidos por DFM.

Torneado: proceso en el cual se mecaniza la pieza, realizando algunos detalles en el producto, como por ejemplo, crear las hendiduras en los distintos lados de los filtros. Cabe señalar que solo los filtros son los que pasan por este proceso.

Inyectado: en este proceso se moldean partes plásticas de algunos productos, un ejemplo de esto es la creación del porta fusible, ya que se calienta el material polimérico y se inyecta en los moldes, dando forma al porta fusible.

Pulido: proceso que procede de cualquier corte en las piezas, en éste se alisa la superficie cortada para que quede suave y continúe con su proceso.

Lavado: proceso donde se limpian las piezas, generalmente es realizado luego de su corte y pulido, también se realiza antes de la última revisión del producto.

Todos estos procesos y maquinarias se utilizan para llevar a cabo la confección de los productos, los cuales son fabricados en el piso de producción de DFM. En la Figura 1.19 se encuentra el Layout de este piso.

PISO DE PRODUCCIÓN

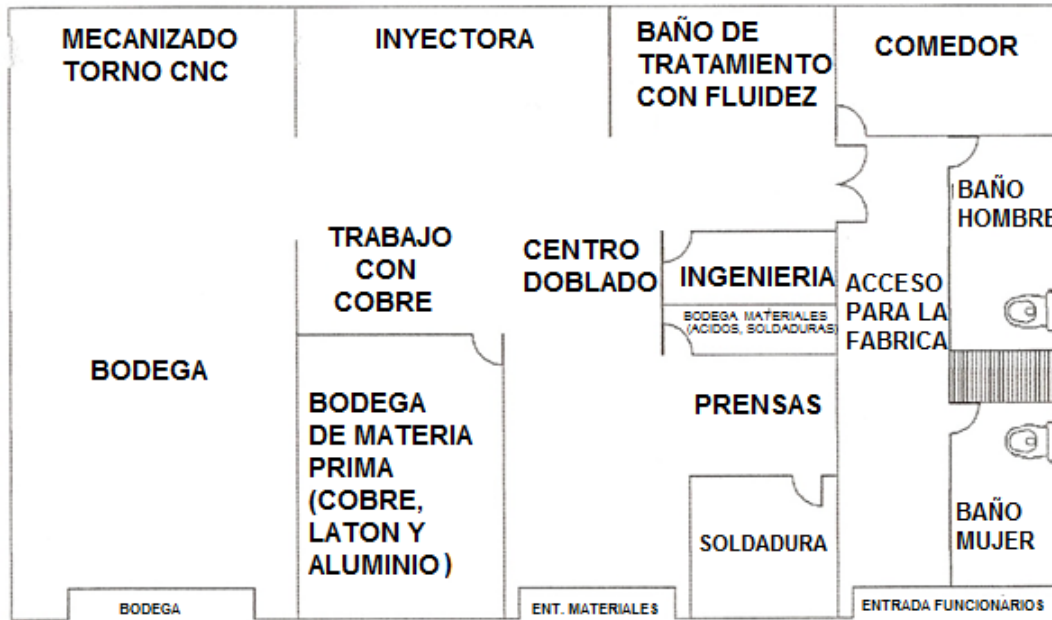


Figura 1.19 - Layout Piso de Producción DFM

En la figura 1.19, se observan los diversos lugares de trabajo del piso de producción de DFM, también en este piso se encuentran las bodegas de productos terminados como también de la materia prima.

1.5.3 Proceso de DFM

DFM posee un conjunto de actividades ligadas entre sí, que utilizan recursos y ciertos controles para llevar a cabo diversas tareas. A continuación se dará a conocer el proceso general de la empresa, aquel que incluye la solicitud del producto hasta la entrega del mismo, a continuación se muestra en la figura 1.20, el flujo para dar mayor entendimiento:

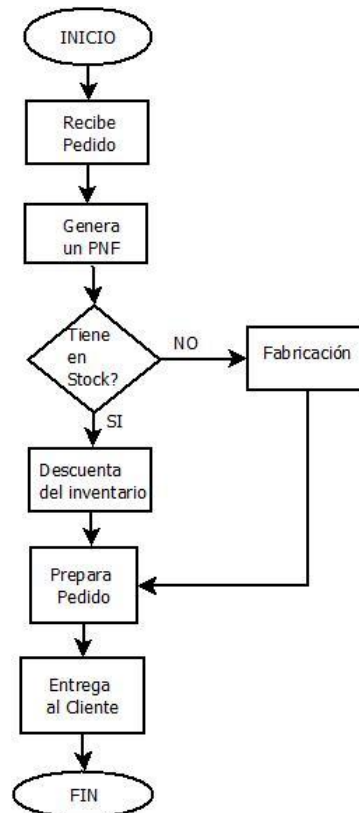


Figura 1.20 - Flujo de procesos de la empresa

El proceso general de la empresa, se inicia con el recibimiento del pedido vía correo electrónico o telefónico, para después generar un Pedido de Boleta (nota Fiscal, PNF), el cual es enviado a expedición, sector denominado así debido a que es aquí donde se debe verificar si hay existencias en inventario, en caso de no poseer, deben ser elaboradas pasando al proceso de fabricación, caso contrario, se descuenta del inventario, para finalmente preparar el pedido y hacer la entrega al cliente.

1.5.4 Turnos de trabajo

En DFM la jornada de trabajo consta de ocho horas diarias, las labores se realizan de lunes a viernes, sólo si es estrictamente necesario, se trabaja en horario y días extraordinarios.

El área de producción de la empresa, cuenta con un total de 22 máquinas para abordar los distintos procesos de fabricación. En la tabla 1.2, se encuentran las horas por turno, los días trabajados a la semana y sus respectivas horas totales según su trabajo semanal. Posteriormente, en la tabla 1.1 se detalla la cantidad de máquinas junto con las horas totales semanales en las que se realizan sus procesos:

MAQUINAS	CANTIDAD	HORAS TOTALES SEMANALES
Prensas	4	160
Sierra	2	80
Dobladora	1	40
Dobladora y Cortadora	1	40
Tornos	3	120
Torno CNC	1	40
Inyectora	2	80
Horno	2	80
Expansora	2	80
Lavadora	2	80
Pulidora	1	40
Reductora	1	40

Tabla 1.2 - cantidad de máquinas y horas totales de trabajo semanal

Características	Tiempo
Hora Turno	8 Horas
Dias trabajados semana	5 Dias
Capacidad Maquina Horas	8 Horas
Capacidad Maquina Semana	40 Horas

Tabla 1.1 - Turno y Horas

Como indica la tabla 1.2 la capacidad semanal de una sola máquina es de 40 horas. Según estos datos, se conformó la tabla 1.1 que muestra el total de horas semanales que puede hacer cada estación de maquinaria. Por ejemplo, al tener en cuenta que existen cuatro máquinas para pensar, y cada máquina, tiene una capacidad de 40 horas, el total de horas de trabajo que pueden hacer las cuatro prensas es de 160 horas.

Para efectos de este trabajo de investigación, se tomarán en cuenta solo el 65% de las horas disponibles por maquinaria, esto se debe a que las horas efectivas de trabajo corresponden a dicho porcentaje. Esta información fue proporcionada por DFM, quien estima las horas totales de trabajo, descontando las 8 horas semanales de mantenimiento por maquinaria.

1.6 Planteamiento del problema a estudio

Durante el primer semestre del año 2014, se realizó un arduo análisis a la empresa DFM, enfocándose principalmente en el área de producción, ya que el propio gerente de administración de la empresa (dueño), señaló el poco conocimiento al respecto y su interés por mejorar la producción de DFM, es debido a esto que se estudió, la forma de cómo se toman las decisiones dentro de la misma.

Los aspectos relevantes que utiliza el gerente para la toma de decisiones son los siguientes:

- Tipo de cliente
- Perfil de pedido
- Tiempo de respuesta requerido
- Capacidad de producción
- Cantidad en inventario

Cabe destacar, que cada uno de los puntos señalados son percibidos por la Administración de manera superficial, según lo detallado a continuación:

Tipo de cliente

DFM es una empresa que tiene cierto tiempo en el mercado, por lo que le es de vital importancia disponer del conocimiento necesario de cada uno de sus clientes. DFM tiene cierta noción de estos, pero no posee un amplio estudio de ellos, por lo que algunas áreas no son cubiertas y el desconocimiento ha generado desconfianza por parte de los clientes, ya que no se responde de la manera que el cliente espera o bien, no se respetan acuerdos de entrega de pedidos en los tiempos estipulados. Este punto es crucial, y se debe abordar al cliente por completo para que esté satisfecho y sea leal.

Perfil de Pedido

Otro punto relevante, es contar con la información necesaria para la correcta fabricación de productos, esta debe ser clara, concisa, objetiva, detallada y verídica. La información que recibe DFM para la fabricación de sus productos, no consta de ningún tipo revisión, por lo que su realización es prácticamente a ciegas, produciendo desorden en medio de algunas fabricaciones, ya sea en la forma y/o cantidad de productos. Además es necesario señalar, que la mayoría de las producciones se realizan en paralelo, por lo que la transmisión de información, suele ser confusa y poco clara.

Tiempo de respuesta requerido

El tiempo de respuesta de cada pedido es estimado intuitivamente por el gerente de producción, según sus años de experiencia en el área, quien informa al gerente administrativo, el que finalmente lo revela al cliente. El tiempo que se estima para la entrega al cliente, se informa sin tomar en cuenta otro tipo de información, o bien si tienen otros trabajos en paralelo, generando gran cantidad de pedidos en algunas máquinas (atochamientos).

Capacidad de producción

DFM estima una capacidad productiva total en aproximadamente 800.000 unidades por mes de diferentes tipos y tamaños de piezas. Operando actualmente con cerca de 75% de esa capacidad, resultando una producción que gira en torno de 600.000 unidades mensuales. Por lo anteriormente señalado, es evidente que en DFM no tienen noción exacta de cuanto se es capaz de producir, o de la disponibilidad con la que cuentan para ello, por lo que las decisiones son completamente basadas en el cómo se debería operar (campo irreal), pero no en el cómo se opera (campo real), generando que no se cumpla con el cliente en las fechas de entrega pactadas.

Cantidad en inventario

La organización posee dos inventarios grandes, ya que necesita tener un nivel alto de inventario en materia prima, por la dificultad de comprar su principal producto, el cobre, y también mantener el nivel de productos acabados siempre con holgura. DFM trabaja con inventario de seguridad para protegerse contra las incertezas entre la oferta y demanda, éste fue estipulado por el Administrador de la empresa, quien basado en su experiencia decidió producir el 200% como inventario de seguridad, afirmando que es el óptimo para DFM.

Todo el inventario de materia prima y de productos acabados es controlado por el propietario, responsable del área administrativa, juntamente con el responsable por el recibimiento de materiales en la fábrica, a través de una planilla Excel. Los materiales considerados críticos, los tubos de cobre, son contados semanalmente, garantizando la veracidad del control. Los demás ítems que no son considerados críticos, no poseen un trato riguroso, puesto que la adquisición es facilitada. A continuación, en la tabla 1.3, se presenta el cuadro evaluación del control de los inventarios en la empresa.

MATERIAL	Rigurosa	Buena	Razonable
Materia Prima Principal	x		
Materiales de Embalaje		x	
Componentes para Producción			x
Semi Elaborados			x
Productos Acabados		x	

Tabla 1.3 - Evaluación del control de inventario

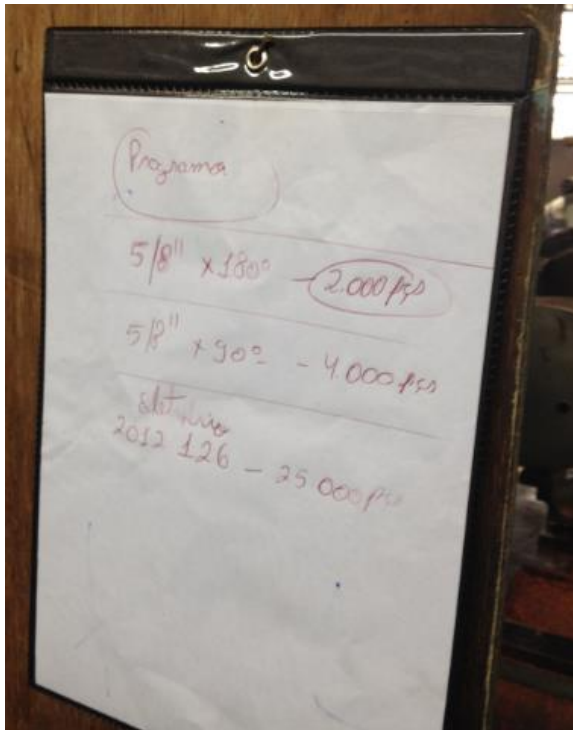
El inventario de los productos acabados es custodiado y monitoreado por un encargado que solo da cuenta de los productos que “más salen”. Luego, notifica al administrador para que se fabriquen nuevamente. A su vez, se encarga de revisar una bitácora anual, para luego indicar los productos que han de ser fabricados mensualmente, según esta información, se decide cuanto producir, ya que la política de la empresa es producir tres veces más de lo que se produjo en el mismo mes del año anterior (producir el 200%, como inventario de seguridad). Esta determinación en el manejo de cantidad de inventario, se debe a que los dueños realizaron una serie de experimentos con distintas cantidades de productos en bodega, para luego ir probando con la demanda correspondiente, luego de muchos intentos, se tomó la decisión de fabricar 3 veces la cantidad que se había fabricado en el periodo anterior, tomando como justificación supuestos; de un crecimiento en la demanda de productos de un 5% anual (cifra estimada por el dueño) y además que se irían incluyendo nuevos clientes. Todos estos supuestos que ayudan a tomar decisiones, surgen según la experiencia y la participación que han tenido en el mercado, por lo tanto, se decide prácticamente de manera intuitiva.

Actualmente no existe ninguna forma de sistematización de este proceso, DFM está trabajando para organizar este departamento, de modo que la baja de productos se realice de forma automática, conforme se realicen pedidos al sistema.

Luego de todo lo anteriormente expuesto en el estudio al área de producción de la empresa durante el primer semestre del año 2014, se levantó la siguiente información que muestra el problema raíz de la empresa:

DFM recibe un promedio de 11 pedidos semanales (pedidos enero-marzo 2014) los cuales se van postergando a medida que pasan las semanas. Esto se debe a que el propietario otorga mayor prioridad a algunos productos, ordenando que éstos se fabriquen al instante, lo que provoca atrasos y confusiones en el resto de pedidos. Normalmente, las decisiones de producción se resuelven justo encima de la hora, retrasando la entrega de productos, esto se traduce en una serie de falencias que afectan no solo la entrega de los pedidos que tienen con anterioridad, sino que, también evidencian una inestable solvencia de la

organización, ya que las decisiones de producción se dejan a criterio del Gerente administrativo, quien utiliza la intuición y una bitácora informal de registros para las decisiones relevantes a la hora de indicar lo que se ha de fabricar. Por lo tanto, no se cumple con los clientes en las fechas de entregas, debido a que no se conoce con exactitud qué o cuáles productos fabricar primero y el tiempo de producción. Esto se debe a que no se planifica la producción de una manera correcta, se entregan fechas a los clientes que la empresa no es capaz de cumplir, no por un asunto de capacidad, sino, desorganización y nula comunicación.



La figura 1.21, muestra el programa que el gerente administrativo entrega a sus trabajadores cuando llegan nuevos pedidos para fabricar. Se anota de manera informal, lo que cada uno de los trabajadores debe fabricar, generando que, estos últimos desconozcan para quien o cuando deben ser terminados los productos, ni tampoco a quien se le debe entregar luego de terminar la pieza.

Figura 1.21 - Programa de Producción
Fuente: empresa DFM

Según lo señalado, en el periodo Enero 2014 – Junio 2014, hubo un 68,4 % de los pedidos realizados que presentaron retraso en la entrega, con un promedio de 10 días y una desviación estándar de 3.8 (4 Días), cifra alarmante que podría llevar a la pérdida de potenciales clientes y quedar bajo la competencia. Es por ello, que se detectó la necesidad de agilizar y dar rapidez en la entrega de pedidos, debido a que 7 de cada 10 pedidos (en el transcurso de 10 días hábiles, dos semanas) presentaban al menos 4 días de atraso.

Además es necesario señalar que DFM tiene periodos donde queda con sobre inventario, por ejemplo, en el producto “Curva de 90° COD. 3459” en el mes de julio 2014, contaba un inventario correspondiente a 5 meses de producción (debido a la decisión de producir 200% el año anterior). Claramente, esto le

generó un sobre inventario de productos que no tienen la misma venta que los periodos anteriores, ya que se han agregado nuevos clientes, y la venta de productos se concentra solo en siete de ellos, los cuales representan el 80% de las ventas en DFM.

En la Tabla 1.4, se muestra la producción de los siete productos más demandados en DFM durante el mes de julio del año 2014, cuatro de ellos, no cumplen con la cantidad demandada de pedidos a lo largo del mes, sin embargo, los otros tres productos en estudio, evidencian una sobreproducción. Se puede apreciar que el producto COD 6359 está con sobreproducción de 222% (en la semana 4), lo mismo ocurre con los otros dos productos (COD: 104 y 7873). Esta situación deja de manifiesto que se ordena producir cierta cantidad de piezas, sin importar la demanda, y solo se presta atención cuando un cliente muy importante la requiere.

Este escenario refleja que la planificación de la producción en DFM es deficiente, debido a que poseen una nula estructuración en este aspecto, y por lo tanto, no cumple con las demandas de los clientes de la empresa, provocando el retraso de pedidos.

JULIO DEL 2014												
Periodo	SEMANA 1			SEMANA 2			SEMANA 3			SEMANA 4		
Cod. Producto	Demanda	Producción	%	Demanda	Producción	%	Demanda	Producción	%	Demanda	Producción	%
104	1800	3500	194%	1100	3500	318%	1200	3000	250%	1700	2500	147%
3459	259	120	46%	259	180	69%	259	190	73%	259	180	69%
3515	210	200	95%	160	120	75%	200	180	90%	140	500	357%
4856	250	120	48%	235	168	71%	280	150	54%	220	140	64%
5641	240	180	75%	280	190	68%	220	200	91%	300	180	60%
6359	215000	300000	140%	200000	300000	150%	300000	300000	100%	135000	300000	222%
7873	1500	2000	133%	1890	2000	106%	1900	2000	105%	1610	2000	124%

Tabla 1.4 Producción julio 2014
Fuente: Datos DFM, Elaboración Propia

1.7 Objetivos generales y específicos

Una vez identificado el problema y las causas que lo originan, se debe establecer el objetivo de este trabajo y los respectivos objetivos específicos.

Objetivo general

Proponer una herramienta que apoye las decisiones involucradas en la planificación de la producción para la empresa “Divisão de Ferramentas e Matrizes” que permita reducir la cantidad de pedidos atrasados a sus clientes y aborde las decisiones de inventario.

Objetivos específicos

Para lograr el objetivo general anterior, se pretende abordar los dos objetivos siguientes:

- Diseñar una herramienta que permita hacer pronósticos adecuados de demanda.
- Diseñar una herramienta que permita generar un plan de producción efectivo para DFM.

Indicadores:

Para medir los resultados y validarlos, se utilizaran dos indicadores:

1) Cumplimiento en la entrega de pedidos por periodo (medido en porcentaje). Se espera que una buena planificación aumente de manera considerable el cumplimiento de entrega pedidos que posee DFM.

2) Cantidad de inventario (medido en unidades de productos), se espera que una correcta planificación genere sólo la cantidad necesaria de inventario. Si bien éste no está definido en el objetivo principal, es de preocupación permanente a la hora de planear la producción. Por lo tanto, también será utilizado como un indicador secundario, para medir los resultados encontrados.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Aquí se procede a mostrar el Marco Teórico de este trabajo de Título, la información que se desarrolla proviene de distintas fuentes bibliográfica, de las cuales se extrajo sus teorías de forma general y a veces textual, para referirse a la problemática a tratar. Sin embargo, también se hacen referencias personales.

Debido a que el problema en particular se concentra en la planificación de la producción, y el hecho de que ésta no exista, ha generado un funcionamiento deficiente en la empresa, por lo tanto, es necesario recorrerlo en profundidad, abordando desde los pronósticos de demanda hasta la planificación propiamente tal.

2.1 Pronósticos de demanda

Pronosticar la demanda facilita la planeación del uso de recursos para resultados rentables, permite disminuir la incertidumbre y facilitar la toma de decisiones en el área de producción. La naturaleza de la demanda puede ser muy diferente, dependiendo del rubro de la empresa, así que es de vital importancia conocerla y ser responsables al planear.

Según lo que postula Heizer y Render en el capítulo 4 referente a pronósticos, para planificar la producción es importante disponer de los distintos tipos de pronósticos de demanda y el procedimiento para elaborarlos, debido a que éstos ayudan durante el proceso [Heizer&Render07].

Un pronóstico es una predicción de eventos futuros que se utiliza con propósito de planificación. Los pronósticos son la base para el desarrollo de planes, desde un nivel estratégico hasta uno administrativo, ya que ayuda a prever situaciones futuras y accionar de forma eficiente a los diversos movimientos del mercado.

Existen diversos métodos para realizar pronósticos, pero no existe un método que sea ideal para todos los casos, es por ello que se debe seleccionar el tipo de pronóstico más adecuado para cada uno de los siete productos seleccionados de la empresa DFM.

Según lo señalado por Heizer y Render, “un pronóstico se clasifica por el horizonte de tiempo futuro que cubre” [Heizer&Render04].

2.1.1 Componentes de la demanda

Para pronosticar la demanda es necesario recalcar que ésta suele variar. Sin embargo, se pueden encontrar algunos patrones:

- **Ciclo:** fluctuación de datos en torno a una media constante.
- **Tendencia:** el incremento o decremento sostenido de la media de la serie a través del tiempo.
- **Estacionalidad:** Patrón repetible de incrementos o decrementos en la demanda, dependiendo de la hora, semana, mes o temporada.
- **Aleatorio:** variaciones imprevisibles de la demanda.

Una vez detalladas las características de la demanda, se puede analizar el horizonte de tiempo en el cual se pretende realizar el pronóstico, para luego encontrar el método más adecuado.

2.1.2 Horizonte de tiempo del pronóstico

- 1- **Pronóstico a corto plazo:** es aquel con una extensión de tiempo de hasta un año, aunque generalmente es menor a 3 meses, se usa para planear compras, programar e asignar el trabajo, determinar niveles de mano de obra y decidir niveles de producción. Estos emplean metodologías diferentes que el de largo plazo. Usan técnicas matemáticas como promedios móviles, suavizamiento exponencial y extrapolación de tendencias, las que serán analizadas a continuación. Tienden a ser más precisos que los de largo plazo, ya que los factores que influyen en la demanda varían todos los días, así que mientras el horizonte de tiempo avanza, la exactitud del pronóstico disminuye, entonces hay que actualizar el pronóstico constantemente, es decir después de cada periodo de venta, es ideal revisar y corregirlo.
- 2- **Pronóstico a mediano plazo:** abarca entre 3 meses y 3 años de tiempo, es usado para planear venta, producción, presupuestos y el flujo de efectivos. Se caracteriza junto con los de largo plazo en que manejan aspectos más generales y buscan apoyar decisiones administrativas que se acercan a la planeación y los productos, procesos y plantas, decisiones sobre expansión o abrir nuevas plantas.
- 3- **Pronóstico a Largo plazo:** es el pronóstico que tiene una extensión sobre 3 años y se utilizan para planear la producción de nuevos productos, gastos de capital, ubicación y expansión de las instalaciones como también para investigación y desarrollo. Estos pronósticos usan métodos más amplios y

menos cuantitativos, arrojando resultados útiles para fines como la integración de un nuevo producto.

Este trabajo de tesis se basará en pronósticos a corto plazo ya que éstos abordan la problemática señalada.

A continuación se analizarán los métodos cuantitativos, donde se encuentran diversos modelos de pronósticos.

2.1.3 Métodos Cuantitativos

Dentro de los métodos cuantitativos se analizarán dos tipos de modelos, de serie de tiempo y asociativos.

Los **modelos de series de tiempo**, son los que observan lo que ha ocurrido en situaciones pasadas, usando esos datos para hacer un pronóstico, es decir si se está pronosticando las ventas de una pieza, por ejemplo un filtro, vamos a utilizar las ventas que fueron realizadas anteriormente.

Los **modelos asociativos** como la regresión lineal, son los que incorporan las variables o los factores que pueden influir en la cantidad a pronosticar. Por ejemplo un modelo asociativo sobre las ventas de filtros, incluirá factores sobre el presupuesto de publicidad, precio de competidores, demanda de artículos que usen el filtro, etc.

Estos últimos no se analizarán en el trabajo de tesis, debido a que se cuenta con la información de situaciones pasadas por lo que se pueden utilizar los modelos de serie de tiempo.

Promedios Móviles

Promedio móviles simple

Método que usa valores de datos históricos para generar un pronóstico. Este método es útil si se puede suponer que la demanda permanecerá estable durante un tiempo.

Se calcula sumando los datos de la demanda de los periodos previos al periodo que se quiere pronosticar, dividiendo este resultado por el número de periodos usados. Cuando se quiere calcular el pronóstico del siguiente periodo una vez conocida la demanda, se procede a mover los promedios, eliminando del ejercicio el promedio más antiguo y agregando la demanda del último periodo:

$$F_{t+1} = \frac{\sum_{i=1}^n D_{t-i+1}}{n}$$

donde:

F_t = pronóstico para periodo t

D_t = Demanda real en el periodo t (donde t es el último periodo con demanda real conocida)

n es el número de periodos incluidos en el cálculo del promedio móvil.

Este tipo de método se suele utilizar en proyecciones donde la demanda es estable a lo largo del tiempo.

Promedio Móvil Ponderado

A diferencia del promedio móvil simple que se le asigna la misma ponderación o valor a cada demanda, el método del promedio móvil ponderado permite asignarle a cada periodo un valor o ponderación distinta. Esto se utiliza cuando en la demanda se presenta una tendencia o un patrón localizable, ya que esto permite a la técnica de pronóstico responder de forma más rápida a los cambios. La elección de la ponderación es arbitraria porque no existe un método o fórmula establecida para determinarlas, sino que requiere emplear la experiencia.

El promedio móvil ponderado se define de la siguiente manera:

$$F_{t+1} = \sum_{t=1}^n W_t D_t$$

Donde

F_{t+1} = Pronostico para periodo t+1

W_t = valor que se asigna a cada periodo, su valor varía entre 0 y 1 y donde la suma de todos los valores W es igual a 1.

D_t = Demanda real en el periodo t.

Los promedios móviles simples como los ponderados son efectivos para suavizar las fluctuaciones repentinas en el patrón de la demanda con el propósito de obtener estimaciones estables, pero esta técnica de promedio móviles presenta 3 problemas:

- 1- Aumentar la cantidad de periodos suaviza de mejor manera la fluctuación, pero le quita sensibilidad al método ante variaciones reales de datos.
- 2- No reflejan muy bien las tendencias, ya que son promedios, no predicen cambios hacia niveles más altos o bajos, es decir, retrasan los valores reales.
- 3- Se requieren varios registros de datos históricos.

Suavizamiento exponencial

Método sofisticado de pronóstico de promedios móvil ponderado, que permite calcular el promedio de una serie de tiempo, asignando a las demandas mayor ponderación que a las demandas anteriores. Es el método de pronóstico que se usa más a menudo, por su simplicidad y por la reducida cantidad de datos que requiere, ya que solo se requiere: el pronóstico del último periodo, la demanda real de ese periodo y el parámetro suavizador, alfa α , cuyo valor está entre 0 y 1. La ecuación correspondiente a este método es:

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

donde:

F_{t+1} =Nuevo Pronóstico.

F_t =Pronóstico Anterior.

α = Constante de Suavizado

D_t = Demanda Real periodo anterior

Suavizamiento Exponencial con tendencia

El suavizamiento exponencial simple como cualquier técnica de promedios móviles tiene respuesta tardía frente a las tendencias. En una serie de tiempo una tendencia consiste en un incremento o decremento sistemáticos de los promedios de la serie a través del tiempo.

En este método, las estimaciones para el promedio y la tendencia son suavizadas, para lo cual se requieren solamente dos constantes de suavización. Se calcula el promedio y la tendencia para cada periodo en las siguientes fórmulas:

$$A_t = \alpha D_t + (1 - \alpha)(A_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(A_t - A_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

$$F_t = A_t + T_t$$

donde:

A_t = Pronóstico exponencialmente suavizado de la serie en el periodo t

T_t =tendencia suavizada exponencialmente en el periodo t

α =Parámetro de suavización para el promedio, entre 0 y 1.

β =Parámetro de suavización para la tendencia, entre 0 y 1.

D_t = Demanda real periodo t.

F_t = pronóstico para el periodo t+1.

Este método se suele utilizar cuando a lo largo del tiempo se detecta una tendencia en la demanda, en el caso de DFM en algunos productos se observa tendencia.

Regresión lineal

La regresión lineal es un método de pronóstico de tipo asociativo, este tipo de método considera casi siempre varias variables (ya sea publicidad, movimientos de la competencia, etc.). Una vez determinadas las variables, se construye un modelo estadístico que se usa para pronosticar.

Para pronosticar una regresión lineal se puede usar métodos de proyección de tendencia, una vez desarrollada esta proyección la variable dependiente seguirá siendo las ventas y la variable independiente puede variar ya no es necesariamente el tiempo.

A continuación se muestra la ecuación con una proyección de tendencia de mínimos cuadrados:

$$\hat{y} = a + bx$$

donde:

\hat{y} = es la variable dependiente (ventas)

a= intersección con eje y

b= pendiente de la recta de regresión

x= variable independiente (por ejemplo gastos en publicidad)

Para el caso de DFM no se utilizara el método de regresión lineal, ya que la empresa no cuenta con registros que sean utilizables como variable independiente.

2.1.4 Errores de pronósticos

Para comparar los distintos métodos de pronósticos se realiza una medición de los errores, detallado a continuación:

La exactitud de los métodos de pronóstico se puede determinar al comparar los valores pronosticados con los valores reales, esta comparación se le llama error de pronóstico(o desviación) y se define como:

$$Ep = D_t - F_t$$

donde:

Ep=Error de pronóstico

Dt= demanda real del periodo t

Ft= valor pronosticado del periodo t

Existen varias medidas para calcular el error global del pronóstico, estas medidas se utilizan para comparar los distintos modelos de pronósticos, como también se usan para observar los pronósticos y asegurar que tengan un buen resultado. Hay 3 medidas populares:

Desviación absoluta media

Esta primera medición de pronóstico desviación absoluta media “MAD” (sus siglas del inglés: mean absolute deviation) o “DAM”. Su valor se calcula sumando los valores absolutos de los errores individuales y dividiendo el resultado en la cantidad de periodos o datos analizados:

$$DAM = \frac{\sum_i |E_i|}{n}$$

donde:

E_i = error en el periodo i
 n = número de periodos

Un ejemplo donde se puede utilizar este método, es para analizar diferentes ponderaciones utilizadas en promedios móviles ponderados y así probar cual es más acertada.

Error cuadrático medio

También conocido como “MSE” (mean squared error). Es otra forma de medir el error global, donde se utiliza la suma de los cuadrados de las diferencias encontradas entre los valores pronosticados y los reales:

$$ECM = \frac{\sum_i (E_i)^2}{n}$$

donde:

E_i = error en el periodo i
 n = número de periodos

Una desventaja de este método de medición es que acentúa las desviaciones más grandes debido al término al cuadrado.

Error porcentual absoluto medio

Este tipo de medición “MAPE” (Mean absolute percent error) o “EPAM”, se utiliza para analizar valores que se pronosticaron en grandes unidades (millares por ejemplo). Ya que se calcula como el promedio de las diferencias absolutas encontrada entre los valores pronosticados y los reales y se expresa como un porcentaje de los valores reales. De tal manera, si se ha pronosticado n periodos y

los valores reales corresponden a esa misma cantidad de periodos, el MAPE se calcula como:

$$EPAM = \frac{\sum_i \frac{100|E_i|}{Y_i}}{n}$$

donde:

E_i = error en el periodo i

Y_i = el valor real en el periodo i

n = número de periodos

A continuación se muestra un cuadro resumen de las distintas clasificaciones de pronósticos, en la tabla 2.1.

Métodos Cualitativos	NOMBRE		HORIZONTE
	Delphi		Mediano y largo
	Juicio Formado		Corto
	Analogía de Ciclo de Vida		Mediano y largo
	Investigación de Mercados		Mediano y largo
Métodos Cuantitativos	TIPO	NOMBRE	HORIZONTE
	Series de Tiempo	Promedio Simple	Corto
		Promedio Móvil	Corto
		Suavización Exponencial	Corto
		Suavización Exponencial Lineal	Corto
		Curvas de Crecimiento	Mediano y largo
		Box-Jenkins	Corto
	Asociativos	Regresión Simple	Mediano
		Regresión Múltiple	Mediano
		Indicadores Principales	Corto

Tabla 2.1 Clasificación de Pronósticos

Fuente: Hanke & Deitsch [1996]

Se puede apreciar que en este trabajo de investigación solo se han detallado los correspondientes al método cuantitativo, debido a que éstos permiten respuestas empíricas y observaciones comprobables mediante la utilización de datos numéricos. En cuanto al método cualitativo, se contrapone al cuantitativo, ya que realiza preguntas más amplias y recopila información que no es posible de plasmar en números, sino sólo en palabras. Éste produce información sólo en casos particulares de estudio, por lo que no es aplicable para DFM.

2.2 Planificación de la producción

Planificar la producción es parte de un proceso complejo que involucra la planificación a varios lapsos de tiempo, significa calcular las cantidades a producir, de manera de minimizar los costos relevantes para el sistema productivo, alcanzando a satisfacer la demanda sin sobrepasar la capacidad de las instalaciones.

La planificación y programación de la producción busca satisfacer la demanda del cliente con productos de calidad, en la cantidad y precios adecuados, en el lugar y momento adecuado.

Jordi Pau i Cos, Ricardo de Navascués y Gasca (1998) señalan que es la herramienta fundamental para la regulación. Sus objetivos básicos son la reducción del circulante y el control de los plazos de entrega. En toda la planificación se debe contemplar el diseño y la implementación. Por otra parte también es necesario invertir en la organización de la preparación del trabajo y en la realización de estudios de tiempos de fabricación, como infraestructura y mantenimiento de los estándares para el proceso [Jordi&Navascués98].

Por lo anterior se puede aseverar que es una herramienta de gestión fundamental a la hora de tomar decisiones, su utilización sirve para hallar la mejor solución a situaciones conflictivas, como por ejemplo: servicio al cliente, minimización de inventarios, eficiencia operativa, flexibilidad y respuestas a las necesidades de la empresa y a condiciones variables.

Determinar cuánto producir, es decir, la cantidad adecuada de producción siempre ha sido un problema para las empresas, ya que éstas preparan planes estratégicos para competir en el mercado. El aprovechamiento y planificación de la capacidad de manufactura en una organización debe ser cuidadosamente diseñada debido a que es costosa, ésta debe procurar evitar grandes desperdicios, y a su vez esto podría generar un mejor desempeño en términos de costos, innovación, flexibilidad, calidad en el producto y/o prestación de servicios.

Diversos autores señalan que lamentablemente, la planificación de la producción no es un problema fácil de resolver debido a la falta de claridad en el proceso de toma de decisiones, el elevado número de variables involucradas, la alta correlación entre las variables y el alto nivel de incertidumbre que inevitablemente afecta a las decisiones.

Debido a lo anterior, es que la eficacia en los procesos de planificación son esenciales para el éxito de las operaciones de manufactura.

La planeación de la producción tiene 3 horizontes de planificación:

- a) *Largo plazo* (años): aquí se planifica la capacidad a largo plazo para las instalaciones, ubicación, disposiciones físicas, tamaño y capacidad de planta. Además de otros aspectos relevantes como los planes de los proveedores principales y planes de procesamiento de nuevas tecnologías. Estas decisiones son muy importantes debido a que, en gran medida, son las responsables de mantener la competitividad de la empresa, su crecimiento y finalmente del éxito o fracaso.
- b) *Mediano plazo* (6 – 18 meses): también se conoce como planificación táctica o control de administración, Anthony define esto como el proceso a través del cual los administradores aseguran que los recursos son obtenidos y usados efectiva y eficientemente para cumplir con el objetivo de la organización. El énfasis en el control de administración radica en el proceso de utilización de recursos [Anthony65].

Los planes que se realizan en este horizonte están relacionados al empleo y despido de personal, inventarios, modificaciones a las instalaciones y contrato de suministros de materiales, por lo que estas decisiones no son simples cuando se trata de varias plantas, muchos centros de distribución, muchas bodegas locales y regionales, con productos de fabricación y procesos de ensamblaje complejos. Esto provoca la continua agregación de información relevante por parte de la administración, por lo que la planificación a mediano plazo resulta en un plan de producción agregado.

- c) *Corto plazo* (de varias semanas a unos cuantos meses): aquí se debe desagregar el plan de mediano plazo, Mikell P. Groover señala que es en esta fase que se preparan los planes maestros de producción y la sincronización de la producción de bienes terminados y de artículos finales [Groover07].

Los planes deben estipularse para programas semanales, diarios y por horas, por lo que, además se deben determinar cargas de trabajo, secuencias, ejecución y despacho. Anthony habla de esto como “el proceso de asegurar que tareas específicas se llevan a cabo efectiva y eficientemente”.

2.2.1 Capacidad de producción

Es descrito como “el proceso que consiste en reconciliar la diferencia entre la capacidad disponible del proceso y la capacidad requerida para administrar de manera apropiada una carga, con el fin de satisfacer los tiempos de producción para el cliente específico cuyos pedidos representan la carga” según Chapman [Chapman06].

Las decisiones de capacidad deben sujetarse a la producción de bienes y servicios y éstas se toman en forma natural del curso que se ha tendido y de la información de los pronósticos, debido a todo esto es que las decisiones se basan en estimaciones pronosticadas de la demanda futura.

2.3 Plan de producción

Es un plan detallado que establece la cantidad específica y las fechas exactas de fabricación de los productos finales [Heizer&Render07].

Para Chase, Jacobs y Alquilano, se habla de un Plan Maestro de Producción el cual especifica qué se producirá en el corto plazo para satisfacer la demanda y cumplir con la planificación agregada¹, es decir “desagrega el plan de producción agregado” [Jacobs&alquilano05].

Por lo que un Plan de Producción, también conocido como desagregación, subdivisión o descomposición, indica cantidades y fechas en que han de estar disponibles para la distribución los productos de demanda externa de la empresa, es decir, aquellos productos finales que se entregan a los clientes.

Un plan efectivo debe proporcionar las bases para establecer el compromiso de envío al cliente, ya que se elabora un calendario de fechas que indica cuando tienen que estar disponibles los productos finales. Para ello, es necesario tener un horizonte de tiempo que se presenta ante la empresa en intervalos de duración reducida que se tratan como unidades de tiempo. Habitualmente se ha propuesto el empleo de la semana laboral como unidad de tiempo natural para el plan de producción.

Según Domínguez, como principales datos de ingreso para el Plan de Producción están [Dominguez95]:

- La planificación agregada de producción en unidades de productos.
- Las previsiones de demanda en unidades de productos.
- Las ventas firmes a clientes, ventas ya concretas.
- Las restricciones de capacidad.

- Otras fuentes de demandas.
- Niveles actuales de inventario, para producir sólo lo que falte.

Vollmann describe cuatro técnicas de programación básica para el Plan de Producción [Vollmann97]:

- Registro en fase de tiempo, consiste en un simple registro por producto de los pronósticos de demanda, de producción y niveles de inventario, por periodo (días o semanas) de tiempo en el horizonte de planificación.
- Rotación a través del tiempo.
- Compromiso de orden.
- Consumo del pronóstico.

Cuando este plan se da a conocer, permite establecer la planificación de la producción de todos los productos finales de un sistema en un plazo de tiempo y cantidad indicada y aunque la planificación que se lleva a cabo abarca un largo plazo, se debe actualizar constantemente.

De todo lo anteriormente expuesto se puede evidenciar que el objetivo de la planeación es:

- Programar productos finales para que se terminen con rapidez y cuando se haya comprometido ante los clientes y evitar sobrecargas o subcargas de las instalaciones de productos, de manera que la capacidad de producción se utilice con eficiencia y resulte bajo el costo de producción.

Para lograr el objetivo y fabricar el plan de producción, es necesario abordar las siguientes etapas:

- 1- Planificación y capacidad del sistema.
- 2- Planificación de las ventas.
- 3- Administración de la demanda.
- 4- Plan de Producción.

2.4 Estrategias de planificación y control de la producción

Las estrategias de la planificación y control de la producción se pueden construir a partir de dos técnicas diferentes: Analítica y de Simulación.

Cuando las empresas no aplican alguna de esas dos técnicas, utilizan una forma intuitiva para realizar la planificación de la producción, la que nace por la inexistencia de un proceso sistematizado para realizarla. Esta forma intuitiva se basa principalmente en la experiencia del administrador. Si bien resulta ventajoso al momento de realizar los cálculos ya que no utiliza software de apoyo, su limitante radica en que no garantiza un plan de producción óptimo. En DFM es éste el modo de proceder para planear la producción desde el comienzo de la empresa. Se realiza sin contar con los antecedentes necesarios para decidir correctamente lo que se irá a producir, ya que solo toman la información histórica anual, por lo tanto, el no utilizar ninguna de las dos técnicas, anteriormente mencionadas, genera una desventaja, debido a que necesariamente se decide según el criterio de experiencia que ha tenido el administrador, debido a que puede conducir a muchos errores de cálculos, siendo éstos los que se han mencionado; sobre inventario en bodega, atraso en la entrega de pedidos a clientes, no saber qué y cuándo producir.

Por lo tanto, la finalidad de esto es elaborar un plan de producción capaz de satisfacer la demanda futura, sujeta a ciertas restricciones, utilizando los recursos disponibles para lograr mejorar la gestión de producción de la empresa.

2.4.1 Técnica analítica

La técnica analítica consta de dos tipos de herramientas:

- Basados en programación matemática (Optimización): donde se construye un modelo matemático, que permite encontrar una solución óptima. Es en esta área en la cual se basará la metodología de esta memoria, mediante la construcción de un modelo de optimización de programación lineal.
- Los basados en modelos Heurísticos, que tienen como objetivo encontrar una solución juzgada satisfactoriamente. Ortiz, Varas y Vera señalan que existen problemas que resultan ser extremadamente difíciles y para los cuales no se han desarrollado algoritmos, tienen costos demasiados altos o bien, de existir, éstos tardan un tiempo excesivamente largo en encontrar una solución. Esto ha llevado al desarrollo de procedimientos que en un tiempo “razonable” son capaces de encontrar “buenas” aproximaciones de la solución. Estos procedimientos se conocen como heurísticas [Ortiz&Varas04].

Para el desarrollo de este trabajo de investigación, se utilizará la programación matemática en la elaboración de un modelo que permita encontrar las cantidades óptimas a producir en un cierto periodo. Según Ortiz, Varas y Vera, señalan que un modelo es una representación idealizada de una situación u objeto concreto con un objetivo determinado: modelar una situación, en base a objetivos. Implica capturar por medio de un proceso de abstracción, los factores dominantes que determinan el comportamiento del sistema en estudio.

Este modelo matemático de programación utilizará siete productos representativos del periodo determinado, esto se debe a la complejidad que significa considerar más variables. Se seleccionaron los productos que representan el 80% de las ventas de la empresa, ya que es a partir de ellos que DFM logra aumentar sus ingresos.

Es importante señalar que no se utilizó la heurística ya que si bien ésta se puede utilizar en combinación con otros métodos, sus resultados solo se pueden evaluar en términos estadísticos o en ciertos rangos de incertidumbre. Esta técnica es utilizada a la hora de obtener resultados buenos, que no necesariamente van a ser óptimos y para la problemática detectada es necesario conseguir una respuesta óptima.

2.4.2 Técnica de simulación

La simulación es una técnica que permite recrear situaciones y/o ver la factibilidad de alguna situación o experimento, con esto se puede visualizar un sistema físico haciendo la conexión entre la realidad y lo abstracto.

Según Antonio Guasch Petit y Miguel Angel Piera, la simulación es una técnica que permite imitar (o simular) en un ordenador el comportamiento de un sistema real o hipotético según ciertas condiciones particulares de operación. Esta técnica ha adquirido recientemente una importancia cada vez más relevante en la resolución de problemas prácticos, es usual encontrar aplicaciones en ingeniería, economía, medicina, biología, ecología o ciencias sociales [Petit&Piera02].

Por lo anterior, se puede aseverar que la simulación es un enfoque diferente para resolver sistemas complejos. Aquí las decisiones no requieren ser expresadas matemáticamente, más bien se pretende relacionar de una forma lógica las variables para representar el comportamiento del sistema bajo ciertas condiciones dadas. Entonces, la simulación evalúa las distintas soluciones hipotéticas seleccionadas para verificar su efectividad.

La simulación suele ser un método costoso y requiere tiempo ya que el sistema simula (corre) varias veces para obtener buenas estimaciones del desempeño. Así que este método se descarta cuando existe otro método menos costoso y que entrega la misma información. Sin embargo, se utiliza la simulación

cuando el sistema estocástico o probabilístico en cuestión es demasiado complejo para que el análisis con modelos analíticos sea satisfactorio.

Comparación entre técnicas

Para realizar la comparación de las técnicas para la planeación de la producción, a continuación se muestran dos tablas (Tabla 2.2 y 2.3) con la información característica de cada una, para luego poder contrastar estos aspectos:

TÉCNICA ANALÍTICA		
	VENTAJAS	DESVENTAJAS
PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA	1. Permite encontrar la solución óptima.	1. El modelo puede ser muy complejo y tardar mucho tiempo en encontrar la solución, debido al número de variables.
	2. Existen muchos software para realizar y resolver modelos.	
	3. Se plantean restricciones que ayudan a delimitar el problema.	2. Hay que tener conocimiento en manejo de algún tipo de software.
	4. Los datos son determinísticos.	
HEURÍSTICA	1. La resolución del modelo no implica necesariamente cálculos matemáticos.	1. La solución sólo es satisfactoria, no necesariamente la óptima.
	2. Se pueden obtener resultados en corto tiempo.	2. Al tener un enfoque intuitivo, es necesario contar con un profesional con experiencia.

Tabla 2.2 - Técnica Analíticas
Fuente: Elaboración Propia

TÉCNICA DE SIMULACIÓN	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
1. Los componentes no se relacionan de manera matemática.	1. Suele ser una técnica costosa. 2. Puede ser lenta en el proceso de encontrar soluciones. 3. Se debe tener conocimiento en el manejo de algún software.
2. El objetivo no es optimizar, si no emular.	
3. Existen diversidad de software para resolver el modelo.	
4. Los datos son aleatorios.	

Tabla 2.3 - Técnica de Simulación
Fuente: Elaboración Propia

- La diferencia principal entre la técnica Analítica y Simulación, es que la primera, en la programación matemática se construye la mejor solución por lo que es más lenta, ya que optimiza, y en cambio, en la simulación se prueban o evalúan soluciones dadas en un “escenario”.

- Dentro de la programación matemática, existen variados tipos de modelos matemáticos basados en diferentes criterios, los que se deben considerar en la situación a modelar.
- Después de analizar las dos técnicas más comunes para planear la producción, se decidió construir una herramienta para planificar la producción en DFM, utilizando como medio la programación matemática, mediante un modelo de programación lineal, ya que, si bien no es el método más fácil de utilizar, entrega la solución óptima, es decir, la mejor solución según las variables y las restricciones que sustentan el modelo.

Con lo anteriormente señalado, es suficiente para justificar la utilización de esta herramienta, ya que, debido a los pocos productos y pocos recursos que se utilizarán, el modelo de planificación de la producción, de programación matemática, no debiera resultar de gran tamaño, por lo tanto, no debiese requerir demasiado tiempo en su resolución. Además, la parte de incertezas que pudiesen presentar los pronósticos de demanda, necesarios para elaborar el modelo, se pueden manejar vía sensibilidad, ya que la programación matemática tiene la facilidad de trabajar con el análisis de sensibilidad, que permite abordar las incertezas y esto significa, abordar las ventas, dentro de ciertos rangos que son justamente los rangos razonables que maneja la sensibilidad.

CAPÍTULO III: SOLUCIÓN PROPUESTA

Para comenzar este capítulo, primero es necesario definir la metodología de trabajo, imprescindible para lograr los objetivos específicos planteados en el capítulo I:

- **Realizar pronósticos de demanda.**

Se comenzará especificando los productos seleccionados para luego pronosticar su demanda, realizando lo siguiente:

- i. Se cargarán los datos de ventas mensuales.
- ii. Se segmentará la información disponible de ventas por periodo.
- iii. Se hará un análisis de comportamiento según distribución de probabilidad, factores de estacionalidad, tendencia y autocorrelación.
- iv. Se realizará un pronóstico para un periodo representativo histórico y se comprobará si es posible implementar en el actual periodo.
- v. Se propondrá un pronóstico agregado.
- vi. Se agruparan productos de similar comportamiento para estimar su demanda a nivel agregado. La información será estandarizada con el fin de detectar similitudes.
- vii. Se propondrá el modelo de estimación.

Para finalmente, la construcción del modelo de programación matemática.

- **Plantear un modelo de planificación**

Construcción de modelo matemático, levantamiento de restricciones, costos y supuestos involucrados.

Por lo que, este capítulo abordará la confección de pronósticos de demanda, y la construcción de un modelo matemático, que encuentre la producción óptima para un periodo propuesto, permitiendo la reducción en la cantidad de pedidos atrasados. El capítulo IV se dedicará a analizar los resultados encontrados y validar los mismos.

3.1 Análisis de productos seleccionados

Durante el análisis se realizó un arduo estudio al área de producción de DFM, con el fin de recopilar la cantidad de datos e información suficiente para establecer relaciones y trabajar eficientemente en la investigación. En la tabla 3.1 se encuentra el catálogo de productos seleccionados, los cuales se abordaran para la construcción de pronósticos de demanda y posteriormente, la confección de un modelo matemático que permita su planificación:

Número De Pieza	Tipo
104	Fusible Y Porta Fusible
3459	Curva 22.22 mm
3515	Curva 28.57 mm
4856	Curva 19.05 mm
5641	Filtro HLE 7863
6359	Terminal Res 6.30 x 90° bol pequeño
7873	Curva 180°

Tabla 3.1 - Catálogo Productos
Fuente: Elaboración Propia

La decisión de seleccionar estos productos, se estipuló debido a que estas piezas representan el 80% de los ingresos, por lo que su fabricación es la mayor preocupación del Gerente Administrativo y a su vez de toda la compañía.

A continuación, en la figura 3.1 y 3.2 se indican los procesos y tiempo de fabricación de dos, de las siete piezas seleccionadas, aquí se señala el nombre, tipo, su respectiva fotografía y el proceso de fabricación:

PIEZA 3459		
Tipo	Curva 22,22mm- 7/8" X90° - PAR.1,00mm.	
FABRICACION		
OPERACIÓN	MAQUINA	PIEZAS/HORA
Doblar 90° Y Cortar Partes	Dobladora Y Cortadora Automatica	268
Pulir	Pulidora	1072
Recortar Puntas	Sierra	159
Pulir	Pulidora	1072
Hacer Expansión	Expansora	284
Lavado De Piezas	Lavadora	5000
Embalar	Manual	3500



Figura 3.1 -Pieza COD 3459

PIEZA 6359		
Tipo	Terminal Res 6,30 X 90° Bol. Pequeño	
FABRICACION		
OPERACIÓN	MAQUINA	PIEZAS/HORA
Colocar Lamina En Maquina	Manual	10000
Crear Terminales	Prensadora	9180
Embalar (Paquetes de 5000, 4 cajas) (venta paquetes)	Manual	12000

Figura 3.2 - Pieza COD 6359

En la figura 3.1 se muestra la pieza COD 3459, curva de 90°, la elaboración comienza cuando se coloca un tubo de diámetro 7/8 mm. en la sierra, para luego seguir con el proceso de producción de la misma hasta ser embalada. Además, se observa la maquinaria utilizada en cada uno de los procesos respectivos y su rendimiento en Piezas/horas de cada máquina en la fabricación.

En la figura 3.3 se muestra el caso de la pieza COD 6359, que consiste en la elaboración de un terminal de resistencia, creada a partir de una lámina metálica, en forma de tira, la cual pasa un proceso de prensado, creando de esta forma el terminal. Cabe destacar, que el embalaje de esta pieza se realiza en paquetes de 5000 unidades.

En la columna “piezas por hora”, los datos son registrados con el 85% de la capacidad de producción de la máquina para cada pieza, capacidad entregada por DFM, pensando en los imprevistos y mermas a la hora de producción.

El resto de los productos más demandados de la empresa, con sus tablas de producción se pueden observar en Anexo A: Productos.

3.1.1 Costo de producción asociados

Cada producto confeccionado por DFM presenta un costo industrial, éste es representado por tres costos: costo de materia prima, costo de confección y costo externalización, el último no se encuentra presente en los productos estudiados, debido a que el Gerente Administrativo aseveró que no se utiliza para efectos costos y venta de los productos.

COD PIEZA	COSTO MATERIA PRIMA	COSTO MANO DE CONFECCIÓN	COSTO TOTAL FABRICACIÓN
104	0,0513	0,28184	0,33314
3459	2,276	0,37191	2,64791
3515	3,9735	0,60973	4,58323
4856	1,2761	0,37191	1,64801
5641	1,0101	1,24881	2,25891
6359	0,0126	0,00911	0,02171
7873	0,6484	0,18874	0,83714

Tabla 3.2 - Costos de Fabricación

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 3.2, se observan los costos de fabricación (en unidades monetarias) de los productos de DFM, cada costo, tanto materia prima como de confección, fueron multiplicados por un factor, que sólo es de conocimiento de DFM, quien tomó la decisión de entregar este tipo de información sólo de manera reservada.

Cada vez que los productos pasan por sus respectivos procesos, éstos adquieren un costo específico, el cual se obtiene multiplicando el valor hora por el tiempo (en horas) que demora una pieza dentro de aquel proceso.

DFM HORA	
VALOR HORA	50.60

Tabla 3.3 - Valor Hora

Fuente: DFM

En la tabla 3.3 se encuentra el valor de la hora de trabajo dado por DFM en unidades monetarias, con el cual se puede calcular el costo de confección de cada proceso en las distintas piezas.

PIEZA COD 3459	
Proceso	Costo de Confección
Doblar 90° Y Cortar Partes	0,111573
Pulir	0,037191
Recortar Puntas	0,111573
Pulir	0,037191
Hacer Expansión	0,0557865
Lavado De Piezas	0,0074382
Revisión	0,0074382
Embalar	0,0037191
TOTAL	0,37191

Tabla 3.4 - Costo procesos Pieza COD 3459
Fuente: Elaboración Propia

PIEZA COD 6359	
Proceso	Costo de Confección
Colocar Lamina En Maquina	0,001
Crear Terminales	0,00558
Embalar	0,00253
TOTAL	0,00911

Tabla 3.5 - Costo procesos Pieza COD 6359
Fuente: Elaboración Propia

En las tablas 3.4 y 3.5 se muestran los costos de cada proceso en la producción de una pieza, expresados en unidades monetarias. Este dato es de gran relevancia, ya que se busca reducir los costos al planificar la producción y esta información permitirá un control más preciso de las piezas a medio confeccionar entre los periodos, cuando el modelo matemático corra. En Anexo B: Costos de Confección se encuentran las demás tablas de costos de productos.

3.2 Construcción pronóstico de demanda

Segmentación de la demanda

Para los pronósticos de demanda se realizó un análisis de los siete productos, los cuales fueron analizados de manera continua como también segmentados en periodos de un año, durante el transcurso de cuatro años, esto permitió analizar si la demanda presenta algún componente cíclico, estacional o de tendencia, durante los periodos contemplados.

En la Tabla 3.6 Se presentan los periodos que se segmentará la demanda de los productos.

Periodo	Fechas
1	Mayo 2010 - Abril 2011
2	Mayo 2011 - Abril 2012
3	Mayo 2012 - Abril 2013
4	Mayo 2013 - Abril 2014

Tabla 3.6 - Segmentación de la Demanda
Fuente: Elaboración Propia

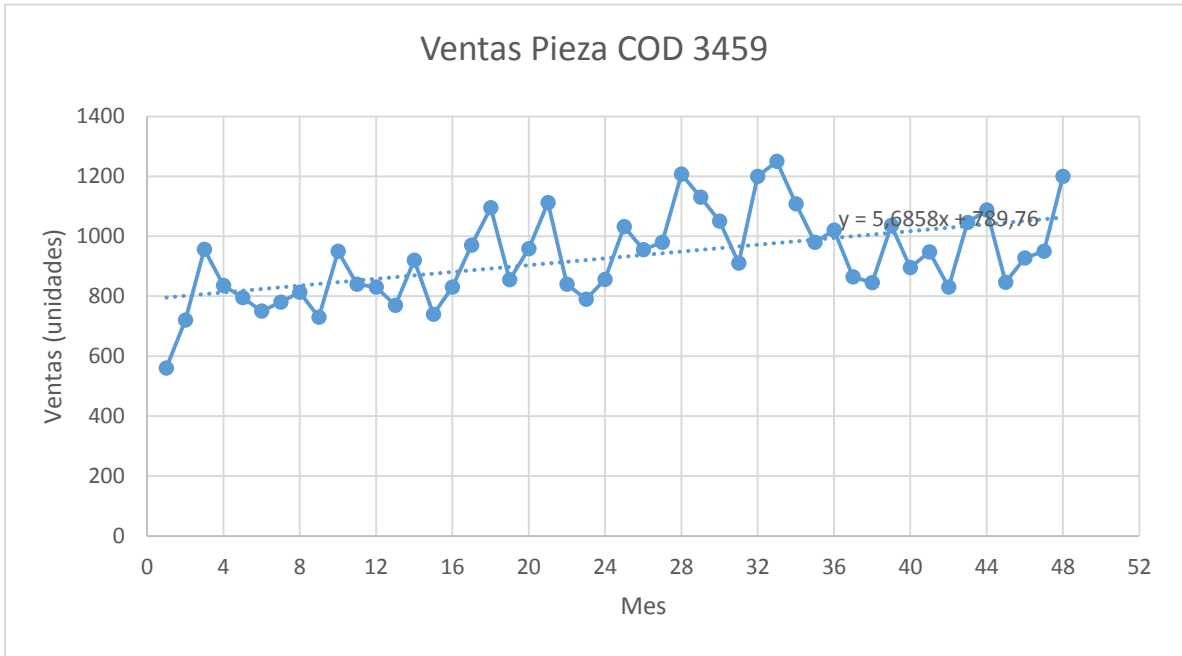
Como se indica en la tabla 3.6, éstos son los segmentos que serán utilizados para analizar cada producto abordado en esta tesis, para determinar si presentan componente cíclico o estacional. El componente de tendencia, será analizado tanto en el periodo segmentado como en la demanda de forma continua. Este análisis de los componentes, resulta útil para una construcción adecuada de pronósticos de demanda para nuestros productos.

3.2.1 Pronostico de demanda

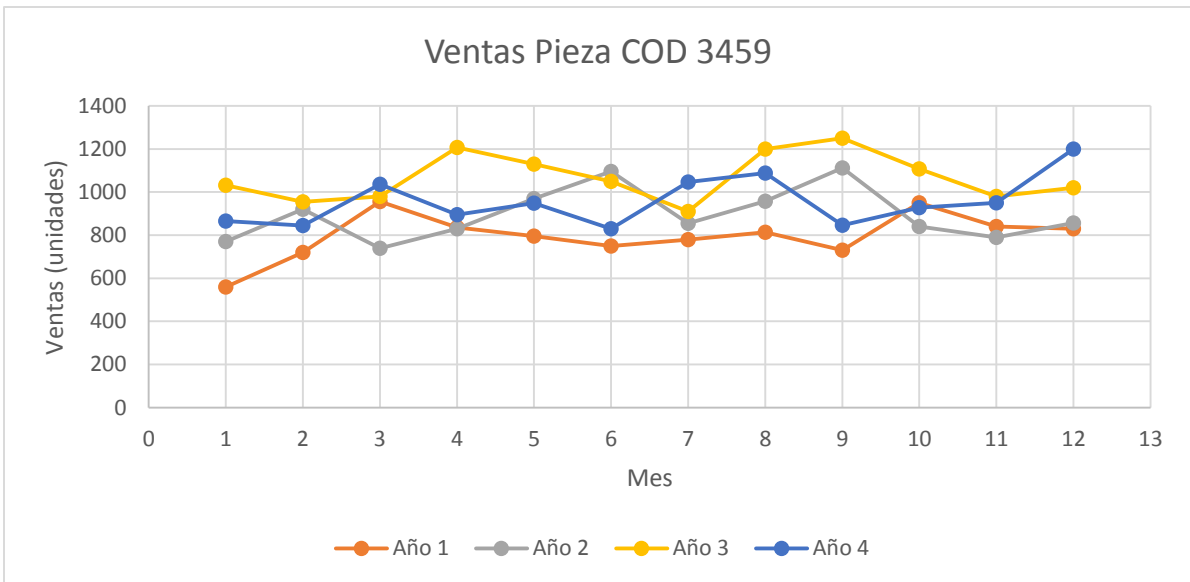
Para la construcción de los pronósticos de demanda, se analizaron las demandas de los últimos 48 meses de los productos. Cada producto fue analizado por separado, al igual que la elaboración de su pronóstico. En Anexo C: Demanda Real, se puede observar las demandas de cada producto durante 48 meses.

El método de pronóstico utilizado en cada pieza varía según su comportamiento en el transcurso de los meses. Se utilizaron varios métodos para algunas piezas y se seleccionó aquel cuyo error era menor.

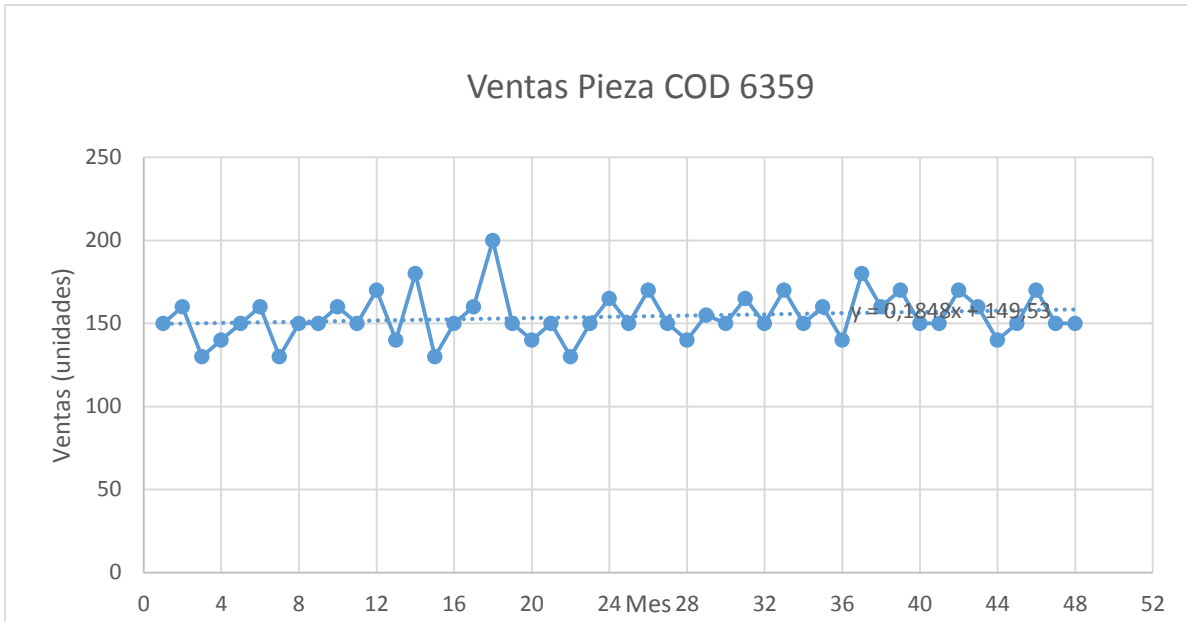
En el **Gráfica 3.1, Gráfica 3.2, Gráfica 3.3 y Gráfica 3.4** se observa las ventas continuas y anuales de los productos COD 3459 y 6359, correspondientemente.



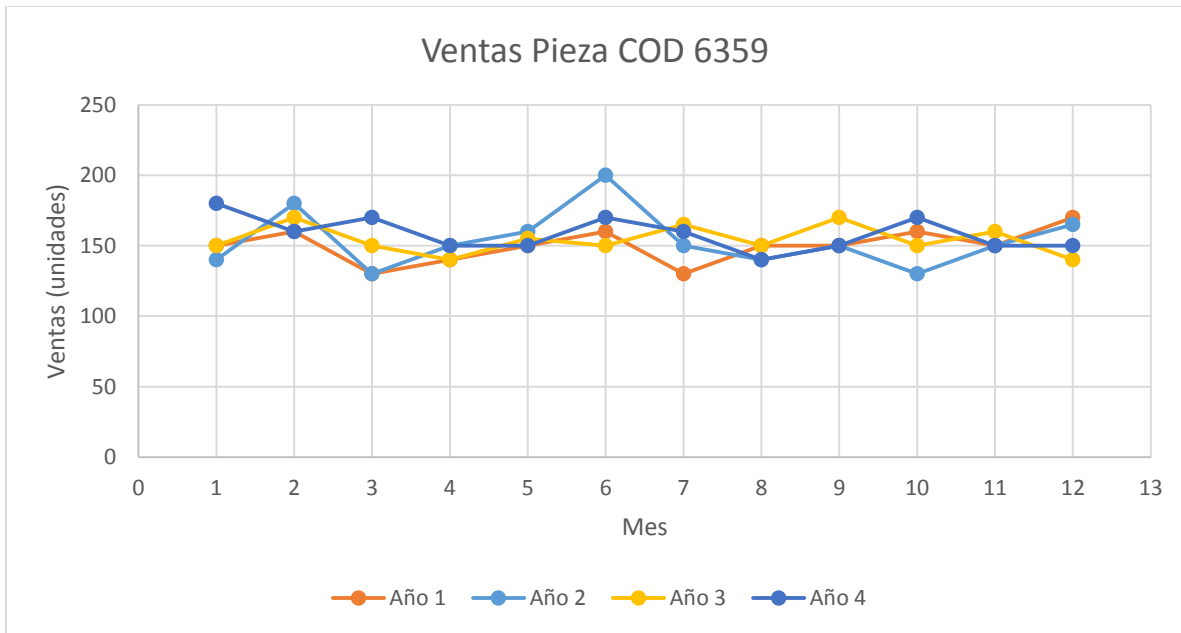
Gráfica 3.1 - Ventas Pieza COD 3459
Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 3.2 - Ventas Anuales Pieza COD 3459
Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 3.3 - Ventas Pieza COD 6359
Fuente: Elaboración Propia



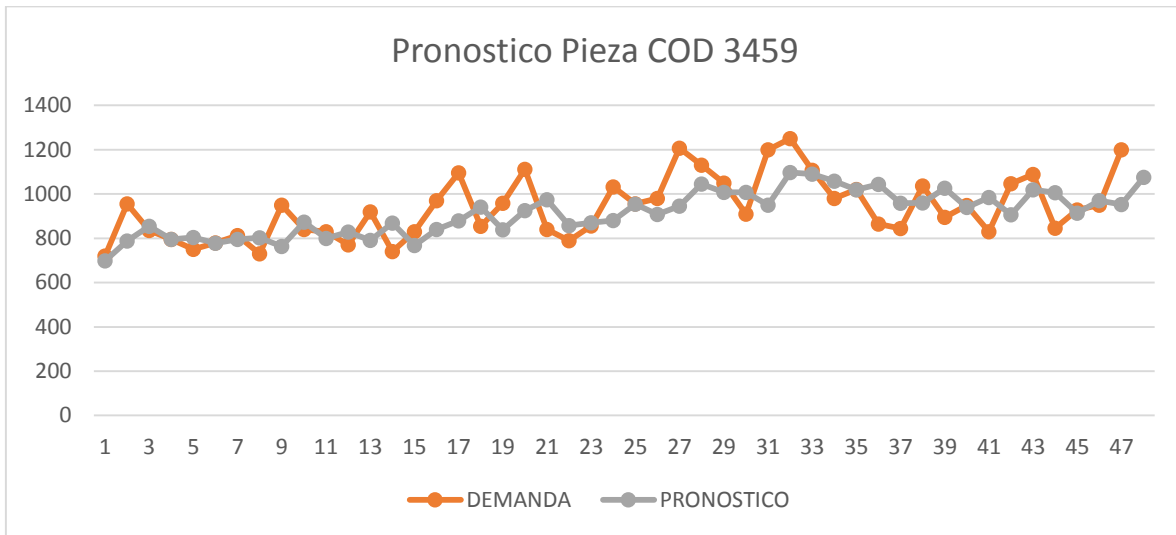
Gráfica 3.4 - Ventas anuales Pieza COD 6359
Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica 3.1 se observa una leve tendencia al alza en las ventas de la pieza COD 3459, con ayuda de la gráfica 3.2 se aprecia que la tendencia se mantiene los primeros tres años de ventas, donde se advirtió un aumento en las ventas totales de 12% y 19% en los años dos y tres correspondientemente,

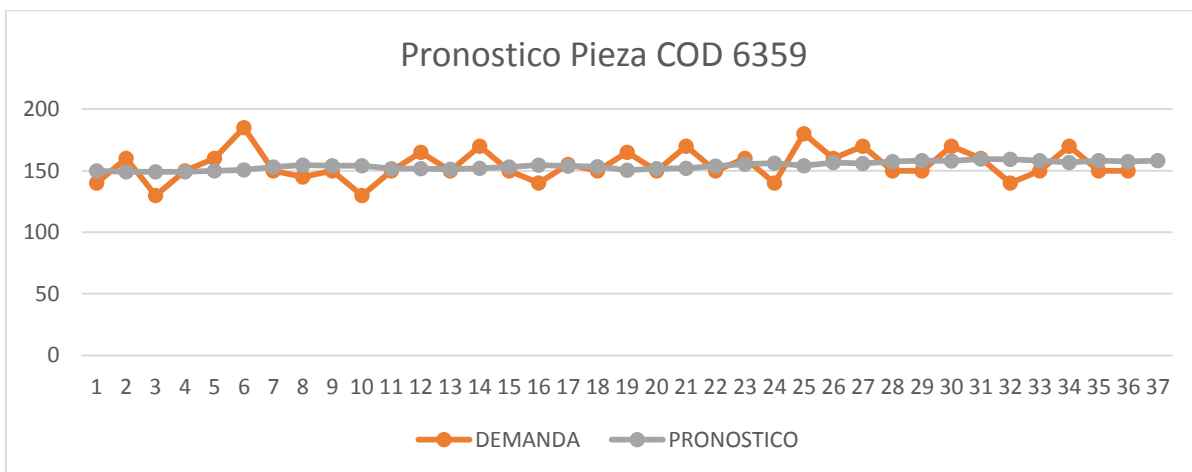
aunque en el año cuatro ocurrió una baja del 10%, sin embargo, al final de ese periodo se ve que la demanda vuelve a su tendencia.

Observando las gráficas 3.3 y 3.4, las ventas de la pieza COD 6359 se aprecia una demanda estable, sin tendencia ni estacionalidad presentes, solo se percibe un alza en el sexto mes del segundo año.

Como se mencionó, el comportamiento de la demanda en la pieza COD 3459, presenta una pequeña tendencia al alza, es debido a esto, que se probaron diversos métodos de pronósticos, tomando en cuenta la tendencia, como también en métodos que tienen respuestas tardías frente a la tendencia.



Gráfica 3.5 - Pronostico Pieza COD 3459
Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 3.6 - Pronostico Pieza COD 6359
Fuente: Elaboración Propia

En las gráficas 3.5 y 3.6, observamos el pronóstico de las piezas COD 3459 y COD 6359. Ambos presentan un error porcentual absoluto medio bajo 10.5%, para obtener estos pronósticos, se realizó un estudio de varios métodos en cada pieza.

En la Tabla 3.7 y Tabla 3.8 se observan los pronósticos y sus respectivos errores de las diversas piezas.

ERRORES PIEZA COD 3459						
K y alfa	Promedio Móvil K				Suavizamiento	Suavizamiento Con tendencia
	K=2	K=4	K=6	K=12	Alfa= 0.391	Alfa= 0.2606 Beta= 0.5410
ECM	20385	14783	17156	19351	13036	14484
EM	23	12	19	30	13	28
DAM	116.6	100.8	105	113.1	101.4	93.5
EPAM	12.2%	10.71%	11.19%	12%	10.8%	10.2%

Tabla 3.7 - Errores Pieza COD 3459

Fuente: Elaboración Propia

ERRORES PIEZA COD 6359				
ERROR	K=3	K=6	K=9	K=12
ECM	294	231	225	167
EM	0.44	0.36	1	0.56
DAM	13.6	12	11.9	10.3
EPAM	8.93%	7.74%	7.71%	6.669%

Tabla 3.8 - Errores Pieza COD 6359

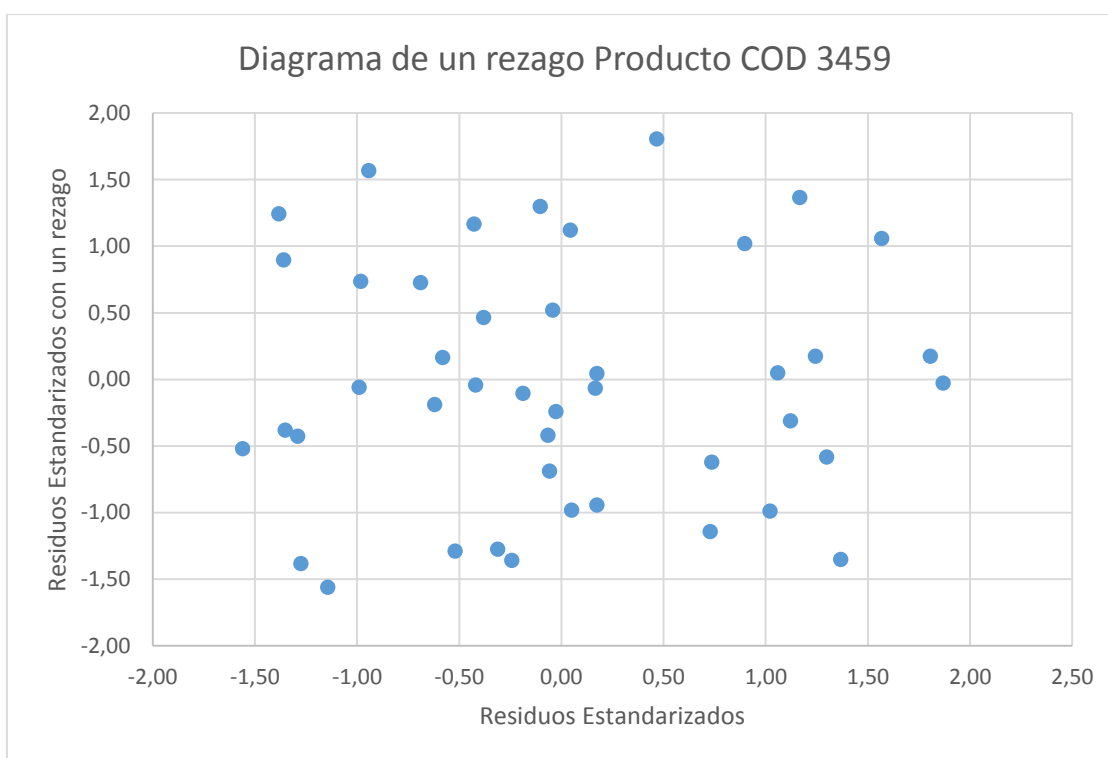
Fuente: Elaboración Propia

En todos los casos el EM es positivo, lo cual significa que los modelos están pronosticando valores menores a los observados.

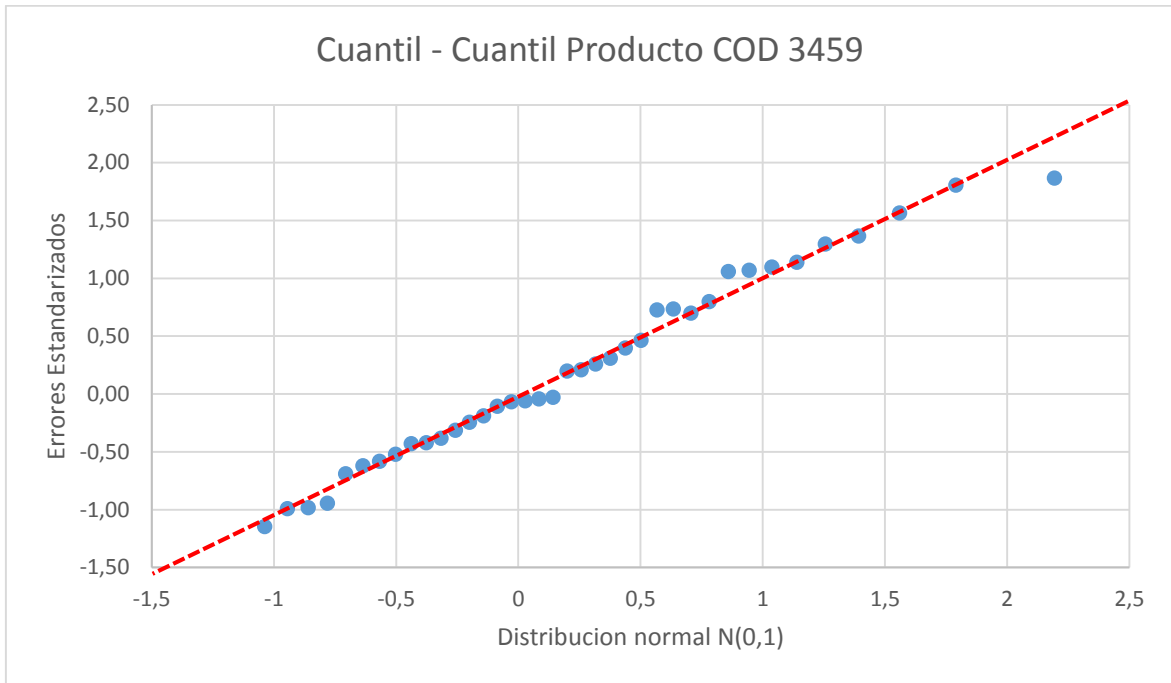
En el caso de la pieza COD 3459, se toma el método de suavizamiento exponencial con tendencia como método óptimo para pronosticar este producto, en la tabla 3.3 se ve que el suavizamiento exponencial presenta el menor valor de ECM, pero dado que este producto presenta una tendencia en su demanda y el ECM no difiere mucho, además presenta menor EPAM, se tomó el método de suavizamiento exponencial con tendencia más adecuado. Para más seguridad se analizan los errores estandarizados del pronóstico, a través de un diagrama de un rezago y un diagrama cuantil-cuantil.

Para la pieza COD 6359 que muestra unas ventas más estables, se probaron distintos promedios móviles simples, en todos los casos la DAM y ECM no presenta variaciones importantes, para este caso se tomó el método con el menor ECM $K=12$.

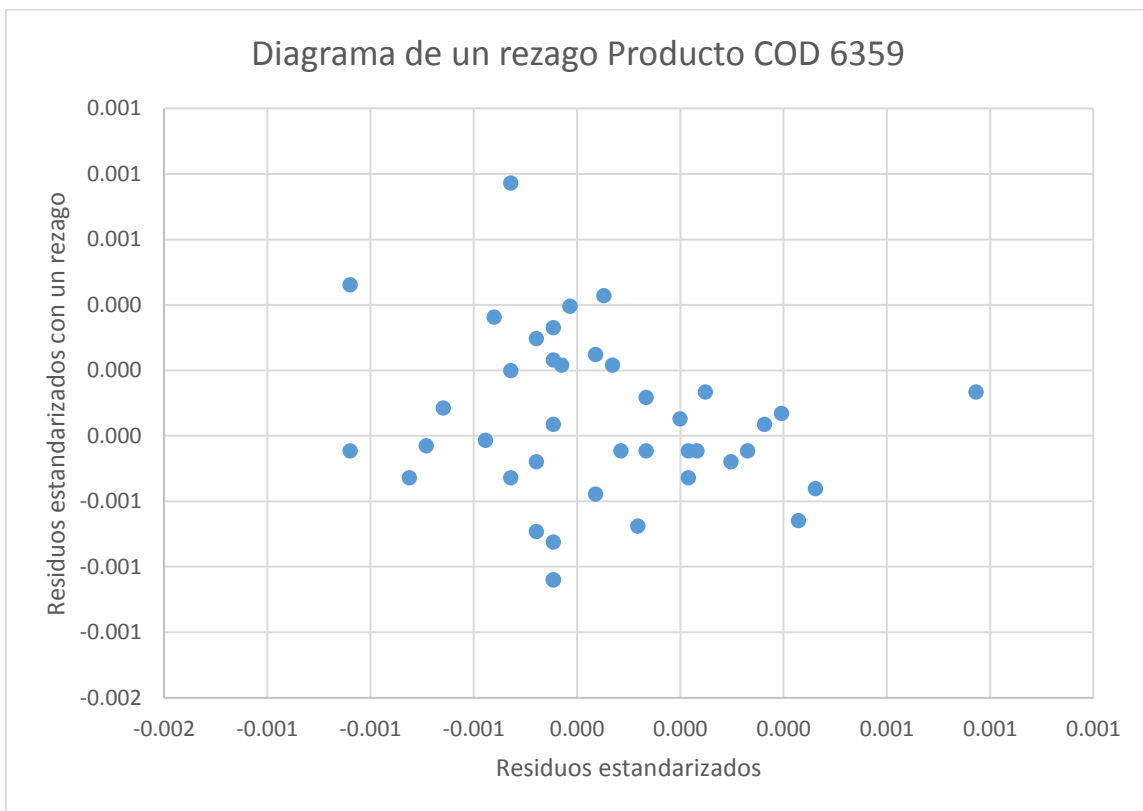
Las Gráficas 3.7 y 3.8 para la pieza COD 3459 y las Gráficas 3.9 y 3.10 para la pieza COD 6359, muestran los diagramas de autocorrelación y cuantil-cuantil N (0,1) de los residuos estandarizados, donde se aprecia que los residuos actúan de forma independiente y la distribución normal se adecúa para mostrar la distribución de los errores, lo que permite concluir que ambos modelos son apropiados para pronosticar las ventas mensuales de sus respectivos productos.



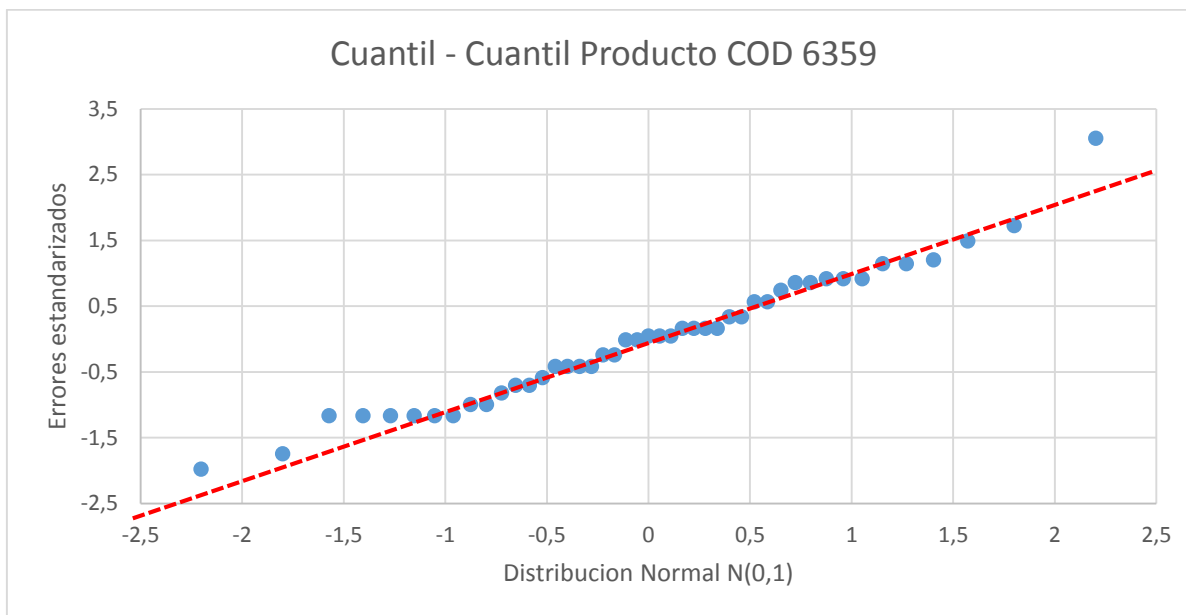
Gráfica 3.7 - Diagrama de un rezago Producto COD 3459
Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 3.8 - Diagrama Cuantil-Cuantil COD 3459
Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 3.9 - Diagrama de un rezago Producto COD 6359
Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 3.10 - Diagrama Cuantil-Cuantil Producto COD 6359
Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 3.5 se muestran los tipos de pronósticos que fueron evaluados en los demás productos, juntos con sus errores, el resto de los productos (gráficos y corroboración) se encuentran en Anexo D: Pronóstico y errores.

COD PRODUCTO	TIPO DE PRONOSTICO	ECM	EM	DAM	MAPE
104	Suavizamiento Exponencial Con Tendencia	669.114	128	623,5	10,73%
3459	Suavizamiento Exponencial Doble	14.484	28	93,5	10,2
3515	Suavizamiento Exponencial Con Tendencia	11.245	6	88,7	11,50%
4856	Suavizamiento Exponencial	6.110	5	66,5	7,17%
5641	Promedio Móvil K=29	14.210	-6	97,8	9,52%
6359	Promedio Móvil K=12	167	0,56	10,3	6,67%
7873	Promedio Móvil K=7	960.122	134	786,3	12,14%

Tabla 3.9 - Pronósticos y errores
Fuente: Elaboración Propia

3.3 Desarrollo de la herramienta de planificación de la producción

Construcción de un modelo matemático para la planificación de la producción

En DFM actualmente no se dispone de ningún medio formal para la planificación de la producción, el gerente a través de un papel, entrega lo que debe fabricar al área de producción, sin saber, si ésta puede producir en ese instante o no, o si la información dada es suficiente para cumplir realmente con los pedidos.

El modelo de planificación de la producción tiene como finalidad, establecer la cantidad de productos a fabricar, junto con el inventario en proceso de cada producto, utilizando de manera eficiente la maquinaria dentro de cada semana planificada. Los datos que proveerá el modelo deben orientarse a una producción más acertada a los pedidos y a las decisiones de inventario que se tomen, disminuir la producción de piezas que no estén siendo demandas, administrar el inventario de productos en procesos, todo dentro de los periodos de planificación considerados.

Para realizar el modelo, se toman las siguientes consideraciones:

- Las máquinas se encuentran listas para operar desde el primer periodo.
- La capacidad de las máquinas (horas) será del 60% del total. Dicho porcentaje está basado en la cantidad de productos que se considerarán para la confección del modelo y la demanda éstos, además de restar las horas de mantención por semana para cada máquina.
- Se conocen la capacidad (Unidades/Hora) de cada máquina, relacionada con los distintos productos.
- Los tiempos de procesamiento unitario de las operaciones en las maquinas son conocidos.
- El costo de procesar un producto en cada máquina es conocido.
- El costo de empezar a procesar un producto (costo materia prima) es conocido.

- Existe una secuencia fija para confeccionar cada producto, la cual es conocida.
- El tiempo de preparación del producto en cada máquina, está incluido en el tiempo de procesamiento unitario.

A continuación, se define el modelo propuesto. Iniciando con la descripción de los parámetros y variables a considerar:

Parámetros

Conjunto i	Referente al código del producto $i = 104, 3459, 3515, 4856, 5641, 6359, 7873$
Conjunto j	Referente al proceso de trabajo, $j = 1, \dots, 17$ (tabla 3.8 indica cada proceso).
Conjunto t	Referente al periodo de planificación (semanas) $t = 1, \dots, 4$.
D_{it}	Demanda del producto i en el periodo t (unidades).
Pen_{ijo}	Inventario inicial de producto en proceso del producto i desde el proceso j
π_{i0}	Inventario inicial del producto i (unidades).
Cap_{jt}	Capacidad de producción del proceso j en el periodo t (horas/semana).
P_{ij}	Tasa de producción de unidad en el proceso (unidades/hora).
Cm_i	Costo de materia prima de producto i (unidades monetarias).
$Cost_{ij}$	Costo de producción de un producto i al procesar en j (unidades monetarias).

Variables

X_{it}	Producto i terminados en el periodo t (unidades).
Z_{ijt}	Cantidad de productos i que completaron el proceso j en el periodo t (unidades).
Y_{it}	Productos i que inician su fabricación en el periodo t (unidades).

Pen_{ijt} Cantidad de productos i que quedaron pendientes desde el proceso j en el periodo t (unidades).

π_{it} Inventario del producto i al final del periodo t (unidades).

π_{iT} Inventario del producto i al final del horizonte de planificación (unidades).

Pen_{ijT} Inventario final de productos en proceso del producto i que deben iniciar desde el proceso j al final del horizonte de planificación (unidades).

j	PROCESO	Maquinaria
1	Prensar	Prensa
2	Primer Corte	Sierra
3	Segundo Corte	Sierra
4	Tercer Corte	Sierra
5	Doblar	Dobladora
6	Doblar y Corte	Dobladora Y Cortadora
7	tornear	Torno
8	Inyectar	Inyectora
9	Expandir	Expansora
10	Primer Pulido	Pulidora
11	Segundo Pulido	Pulidora
12	Tercer Pulido	Pulidora
13	Reducir	Reductora
14	Primer Lavado	Lavadora
15	Segundo Lavado	Lavadora
16	Tercer Lavado	Lavadora
17	Proceso manual	Mano de Obra

Tabla 3.10 - Conjunto j con su respectivo proceso y maquinaria a usar
Fuente: Elaboración Propia

Función Objetivo: Minimizar los costos de producción

Es posible obtener todos los costos de fabricación de un producto a través de la siguiente formula:

Costo Total de Fabricación = Costo de Materia Prima + Costos de Procesos.

Esta fórmula señala que el costo de fabricación de una pieza es el costo de su materia prima más los costos de sus procesos. Cada pieza debe avanzar por distintos procesos con sus costos asignados.

Lo anterior significa que a cada pieza procesada, se le debe asignar su costo, además en el primer proceso de la pieza se debe agregar el costo de materia prima, matemáticamente se resume en:

$$\text{Costo total de fabricacion} = \sum_i \sum_j \sum_t Z_{ijt} \text{Cost}_{ij} + \sum_i \sum_t Y_{it} \text{Cm}_i$$

$Z_{ijt} \text{Cost}_{ij}$ Corresponde al costo de producción de las piezas i que fueron procesadas en j en el periodo t , las sumatorias en i, j y t permiten obtener el costo total de producción para todas las piezas que pasaron los distintos procesos en el horizonte de planificación. Luego $Y_{it} \text{Cm}_i$ representa el costo de materia prima de las piezas i iniciadas en el periodo t y su sumatoria de i y t permite obtener el costo total de materia prima utilizada en la producción del horizonte de planificación. Por lo que la función objetivo queda dada por:

$$\min \sum_i \sum_j \sum_t Z_{ijt} \text{Cost}_{ij} + \sum_i \sum_t Y_{it} \text{Cm}_i$$

Restricciones

1.- Cumplimiento de la demanda

$$\pi_{i,T} \geq \frac{D_{iT}}{2} \quad \forall i = 104, \dots, 7873. \quad (3.2)$$

La restricción (3.2) es una decisión de inventario que regula la actual medida que tiene la empresa. Esta restricción indica mantener un inventario de seguridad igual a la mitad de lo que se demandó en el horizonte de fabricación, restricción que ayuda a evitar atrasos posteriores al alimentar el modelo con los pronósticos.

$$\pi_{i,t-1} + X_{it} \geq D_{it} \quad \forall i = 104, \dots, 7873; t = 1, \dots, 4 \quad (3.3)$$

La restricción (3.3) indica que la producción de cada periodo más el inventario al final del periodo anterior, deben ser como mínimo igual a la cantidad demandada, para cumplir con todos los pedidos en cantidad. Es necesario señalar que debe existir un balance de inventario de productos terminados en cada periodo.

2.- Sobre la Producción

$$X_{it} = Z_{ijt} \quad \forall i = 104, \dots, 7873; t = 1, \dots, 4; j = 17 \quad (3.4)$$

(3.4) esta restricción señala que la producción de un producto determinado es igual a la cantidad de ese producto que pasó por su último proceso.

$$Z_{ijt} \geq Pen_{i,j,t-1} \quad \forall i = 104, \dots, 7873; j = 1, \dots, 17; t = 1, \dots, 4 \quad (3.5)$$

Como $Pen_{i,j,t-1}$ es el inventario de productos en proceso que deben partir del proceso j al final del periodo anterior. Esta restricción indica que en el periodo actual se deben procesar todos los productos que quedaron pendientes en el periodo previo, evitando acumulación de inventario de productos en proceso en los siguientes periodos.

La cantidad de inventario de productos en proceso que quedan pendientes al final de un periodo, deben ser procesadas al comienzo del siguiente periodo. Como referencia $(Z_{ijt} - Pen_{i,j,t-1})$ es la cantidad de productos procesados en j que provienen directamente del proceso anterior en el actual periodo, esta diferencia es la que se resta a la cantidad de productos procesados en el proceso previo, lo que da como resultado el inventario de productos en proceso de la pieza que está en el proceso j .

$$Z_{i,j-1,t} \geq Z_{ijt} - Pen_{i,j,t-1} \quad \forall i = 104, \dots, 7873; j = 1, \dots, 17; t = 1, \dots, 4 \quad (3.6)$$

La restricción (3.6) indica al modelo que la cantidad de productos procesados excluyendo a los de inventario de productos en proceso, no debe superar a las que se les suministró desde el proceso previo.

3.- Capacidad

$$\sum_i Z_{ijt} \cdot \frac{1}{p_{ijt}} \leq Cap_{jt} \quad \forall i = 104, \dots, 7873; j = 1, \dots, 17; t = 1, \dots, 4 \quad (3.7)$$

En (3.7) $Z_{ijt} \cdot \frac{1}{p_{ijt}}$ es en términos de unidades $\frac{\text{unidades}}{1} * \frac{\text{Horas}}{\text{Unidades}} = \text{Horas}$, creando la restricción de las horas de uso de cada proceso, que debe ser como máximo la capacidad de la máquina que crea ese proceso.

4.- Naturaleza de las variables

$$X_{i,j,t}, Z_{i,j,t}, Pen_{i,j,t}, \pi_{i,j,t} \geq 0, \text{ enteras } \forall i = 104, \dots, 7873; j = 1, \dots, 17; t = 1, \dots, 4 \quad (3.8)$$

Esta restricción señala que todas las variables incluidas en el modelo deben ser del tipo enteras y positivas.

Resumen del modelo

A continuación se procede a mostrar el resumen del modelo propuesto:

$$\min \sum_i \sum_j \sum_t Z_{ijt} Cost_{ij} + \sum_i \sum_t Y_{it} Cm_i \quad (3.1)$$

$$\pi_{i,T} \geq \frac{D_{iT}}{2} \quad \forall i = 104, \dots, 7873. \quad (3.2)$$

$$\pi_{i,t-1} + X_{it} \geq D_{it} \quad \forall i = 104, \dots, 7873; t = 1, \dots, 4 \quad (3.3)$$

$$X_{it} = Z_{ijt} \quad \forall i = 104, \dots, 7873; t = 1, \dots, 4; j = 1, \dots, 17 \quad (3.4)$$

$$Z_{ijt} \geq Pen_{i,j,t-1} \quad \forall i = 104, \dots, 7873; j = 1, \dots, 17; t = 1, \dots, 4 \quad (3.5)$$

$$Z_{i,j-1,t} \geq Z_{ijt} - Pen_{ij,t-1} \quad \forall i = 104, \dots, 7873; j = 1, \dots, 17; t = 1, \dots, 4 \quad (3.6)$$

$$\sum_i Z_{ijt} \cdot \frac{1}{p_{ijt}} \leq Cap_{jt} \quad \forall i = 104, \dots, 7873; j = 1, \dots, 17; t = 1, \dots, 4 \quad (3.7)$$

$$X_{i,j,t}, Z_{i,j,t}, Pen_{i,j,t}, \pi_{i,j,t} \geq 0, int \quad \forall i = 104, \dots, 7873; j = 1, \dots, 17; t = 1, \dots, 4 \quad (3.8)$$

Cada producto tiene distinto número de procesos, la suma de todos es 42. El modelo está previsto para 4 periodos, por lo tanto serian 168 variables, más las de inventario de productos en proceso con el de productos terminados (que suman otras 168 variables), arroja un modelo que consta de 336 variables.

Con la restricción (3.3) se tiene un total de 28 combinaciones, las restricciones de Producción tienen un total de 161 combinaciones en la (3.5) y 168 en la (3.6), además agregando las de capacidad que cuenta con 68 combinaciones, se obtiene un total de 425 restricciones, sin adicionar las restricciones de la naturaleza de variable.

Si quiere consultar las tablas y datos que serán considerados en el modelo, ver Anexo E: Tablas utilizadas en modelo generado.

Una vez diseñado el modelo, se prueba su validez comparando sus resultados con la situación actual, todo esto será tema del próximo capítulo.

CAPÍTULO IV: RESULTADO Y ANÁLISIS

El presente capítulo tiene por objetivo la validación de la herramienta, mediante el análisis de resultados arrojados por ésta. Para realizar el análisis, se usan los datos de producción y venta proporcionada por la empresa, correspondientes a dos meses de producción, desde agosto a octubre 2013.

4.1 Resultados obtenidos y análisis

Al comienzo, se evalúa la información entregada por DFM con respecto a cumplimiento de pedidos, gastos, y tiempo utilizado en cada semana dentro de los tres meses de estudio, para luego, utilizar el modelo diseñado, que entregará una planificación de la producción, la cual cumpla con los pedidos al menor costo posible.

En las tablas 4.1, 4.2 y 4.3, se encuentran las respectivas demandas históricas de productos durante los meses en estudio, separadas por semana. Esta información se obtuvo con ayuda del personal, ya que la empresa solo guarda como dato, el total de demanda mensual al término del periodo y no detalladamente. El fin de adquirir esta información, busca estimar el porcentaje de la demanda total de un mes por cada semana, y a la vez, utilizarla para la comparación con el modelo.

DEMANDA MES DE AGOSTO 2013 (unidades)									
Producto	Dda. Total	Dda. semana 1		Dda. semana 2		Dda. semana 3		Dda. semana 4	
104	6500	2080	32%	1105	17%	1430	22%	1885	29%
3459	1207	241	20%	314	26%	326	27%	326	27%
3515	700	196	28%	179	25,50%	196	28%	130	19%
4856	960	259	27%	250	26%	240	25%	211	22%
5641	850	179	21%	247	29%	187	22%	238	28%
6359	700000	175000	25%	182000	26%	203000	29%	140000	20%
7873	7000	1680	24%	1820	26%	1680	24%	1820	26%

Tabla 4.1 - Demanda Mes agosto 2013

Fuente: Elaboración Propia

DEMANDA MES DE SEPTIEMBRE 2013 (unidades)									
Producto	Dda. Total	Dda. semana 1		Dda. semana 2		Dda. semana 3		Dda. semana 4	
104	7000	2100	30%	1470	21%	1470	21%	1960	28%
3459	1130	249	22%	328	29%	283	25%	271	24%
3515	790	229	29%	174	22,00%	229	29%	158	20%
4856	860	224	26%	224	26%	232	27%	181	21%
5641	1160	267	23%	290	25%	255	22%	348	30%
6359	775000	209250	27%	201500	26%	240250	31%	124000	16%
7873	7500	1650	22%	2175	29%	1950	26%	1725	23%

Tabla 4.2 - Demanda Mes septiembre 2013

Fuente: Elaboración Propia

DEMANDA MES DE OCTUBRE 2013 (unidades)									
Producto	Dda. Total	Dda. semana 1		Dda. semana 2		Dda. semana 3		Dda. semana 4	
104	6400	2112	33%	1280	20%	1472	23%	1536	24%
3459	1050	200	19%	263	25%	273	26%	315	30%
3515	890	249	28%	249	28,00%	240	27%	151	17%
4856	990	267	27%	267	27%	198	20%	257	26%
5641	800	176	22%	192	24%	208	26%	224	28%
6359	750000	180000	24%	172500	23%	56925	33%	11385	20%
7873	5500	1265	23%	1540	28%	1485	27%	1210	22%

Tabla 4.3 - Demanda Mes de octubre 2013
Fuente: Elaboración Propia

Como se mencionó anteriormente, de éstas tablas se obtuvo una estimación porcentual de la demanda total para cada semana, la que corresponde al promedio de los tres meses en estudio. Este es un valor importante para el uso del modelo en periodos posteriores, por lo que es relevante tener presente este dato. La información mencionada se encuentra en la tabla 4.4

Estimación Porcentual Semanal De la Demanda				
Producto	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
104	32%	19%	22%	27%
3459	20%	27%	26%	27%
3515	28%	25%	28%	19%
4856	27%	26%	24%	23%
5641	22%	26%	23%	29%
6359	25%	25%	31%	19%
7873	23%	28%	26%	24%

Tabla 4.4 - Demanda Porcentual Semanal
Fuente: Elaboración Propia

Las tablas 4.5, 4.6 y 4.7 muestran un resumen de la producción mensual de los productos seleccionados, durante los meses de agosto a octubre del año 2013 respectivamente. En Anexo F: Producción Semanal, se encuentra las tablas de producción semanal de los meses señalados.

AGOSTO				
Producto	Demanda	Inventario Inicial	Producción	Inventario Final
104	6500	6700	8500	8700
3459	1207	-287	1280	-214
3515	700	290	520	110
4856	960	-407	950	-417
5641	850	-290	980	-160
6359	700000	350000	1000000	650000
7873	7000	1100	5600	-300

Tabla 4.5 - Resumen Mes de agosto 2013

Fuente: Elaboración Propia

Nótese que en las tablas se observan inventarios negativos, los cuales corresponden a demandas pendientes de periodos anteriores.

SEPTIEMBRE				
Producto	Demanda	Inventario Inicial	Producción	Inventario Final
104	7000	8700	10500	12200
3459	1130	-214	1400	56
3515	790	110	650	-30
4856	860	-417	1200	-77
5641	1160	-160	1280	-40
6359	775000	650000	750000	625000
7873	7500	-300	7500	-300

Tabla 4.6 - Resumen Mes de septiembre 2013

Fuente: Elaboración Propia

OCTUBRE				
Producto	Demanda	Inventario Inicial	Producción	Inventario Final
104	6400	12200	7500	13300
3459	1050	56	760	-234
3515	890	-30	950	30
4856	990	-77	720	-347
5641	800	-40	800	-40
6359	750000	625000	900000	775000
7873	5500	-300	6800	1000

Tabla 4.7 - Resumen Mes de octubre 2013

Fuente: Elaboración Propia

Con esta información se determina el tiempo utilizado en la producción de cada mes, como también los costos asociados. Otro factor relevante que se puede observar es el atraso en la producción de pedidos.

En las tablas recién descritas, se puede apreciar que muchos inventarios son negativos, esto indica que en algún periodo del mes o durante todo el mes, no se cumplió con la demanda, lo cual se traduce en atrasos continuos al cumplimiento de pedidos.

Durante los tres meses analizados, al menos tres pedidos presentan atrasos en cada mes. En Anexo F: Producción Semanal se puede observar el detalle en semanas. Cada Producto tiene su propio costo y tiempo de elaboración, datos importantes de comparación. Recuerde que el costo de elaboración, debe ser multiplicado por la cantidad de productos elaborados:

$$\text{Costo productos } i = \text{Producción} * (\text{Costo de materia prima} + \text{costo de mano de obra}) \quad (4.1)$$

En el capítulo anterior se indicó el valor de los costos descritos en (4.1), entonces al remplazarlos para el mes de agosto se obtiene:

(Se basará para efectos de ejemplo el producto COD 104).

$$\text{Costo producto } 104 = 8500 * (0.0513 + 0.28184) = \$2831.69$$

Recordar que en el capítulo anterior se indicó que el valor de todos los costos esta multiplicado por un factor que solo conoce el gerente de la empresa.

Para el análisis, es relevante tener el tiempo que las máquinas están operativas para llevar a cabo la producción.

$$\begin{aligned} \text{Tiempo de uso maquina} \\ = \sum_i \frac{\text{Producción } ij}{\text{Tasa de producción } ij} \end{aligned} \quad (4.2)$$

Por ejemplo utilizaremos el valor de la inyectora $j=8$, para determinar el tiempo de uso de la máquina, se debe sumar todos los procesos que deben pasar por esa máquina, remplazamos obtenemos

$$\text{Tiempo de uso inyectora} = \frac{8500 \text{ unidades}}{1070 \text{ unidades/hora}} = 7.9 \text{ Horas}$$

A partir de las fórmulas (4.1) y (4.2) se obtienen los costos de producción de los periodos señalados, al igual que el tiempo de utilización de las máquinas. Las tablas 4.8 y 4.9 muestran lo señalado. La tabla 4.8 muestra los gastos realizados durante los tres meses (en reales) multiplicados por un factor conocido por la empresa.

Costos			
Producto	Agosto	Septiembre	Octubre
104	R\$ 2.892,25	R\$ 3.582,95	R\$ 2.591,35
3459	R\$ 3.389,32	R\$ 3.707,07	R\$ 2.012,41
3515	R\$ 2.383,28	R\$ 2.979,10	R\$ 4.354,07
4856	R\$ 1.565,61	R\$ 1.977,61	R\$ 1.186,57
5641	R\$ 2.213,13	R\$ 2.890,62	R\$ 1.806,64
6359	R\$ 26.260,00	R\$ 20.657,50	R\$ 24.964,00
7873	R\$ 4.687,98	R\$ 6.278,55	R\$ 5.699,55
Total	R\$ 43.391,58	R\$ 42.073,41	R\$ 42.614,59

Tabla 4.8 - Costos De Producción agosto-octubre 2013
Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 4.9 se señala el tiempo utilizado por las maquinarias comparado con el total disponible (tiempo efectivo), el que corresponde al 65% del tiempo total disponible de la maquinaria, este se estima descontando las horas de mantención de cada una, el cual se explica en el capítulo I de esta tesis.

Horas de Uso Maquinarias					
Maquina	Total Disponible Mes	Agosto	Septiembre	Octubre	% máximo utilizado
Prensa	288	116,33	91,17	98,46	40,39%
Sierra	144	24,55	29,70	25,03	20,62%
Dobladora	72	3,40	4,25	6,21	8,62%
Dobladora y Cortadora	72	23,07	29,30	22,47	40,69%
Torno	216	0,58	0,75	0,47	0,35%
Inyectora	144	7,94	9,81	5,98	6,81%
Expansora	144	15,98	19,31	20,06	13,93%
Pulidora	72	6,91	8,31	6,67	11,54%
Reductora	72	4,62	6,04	3,77	8,39%
Lavadora	144	11,89	15,64	12,94	10,86%
Mano de Obra	273	250,45	222,42	214,90	91,74%

Tabla 4.9 - Horas de Uso Maquinarias agosto-octubre 2013
Fuente: Elaboración Propia

Establecidos los valores de las tablas 4.5 a la 4.9, se procede a comparar sus valores con los arrojados por el modelo, contrastar el tiempo utilizado de las maquinas con los costos de fabricación, todo esto a su vez asociado a la cantidad de atrasos.

En la tabla 4.10 se observan los costos de producción que arroja el modelo, para luego compararlos en la tabla 4.11. Aquí se observa que los costos en el mes de agosto y septiembre son similares, sin embargo, en octubre los costos del modelo son menores, esto se debe a que el modelo indica específicamente lo que hay que producir para satisfacer la demanda y dejar lo necesario para inventario de seguridad.

Costos Modelo			
Producto	Agosto	Septiembre	Octubre
104	R\$ 1.038,71	R\$ 2.439,48	R\$ 2.054,31
3459	R\$ 5.556,89	R\$ 2.903,42	R\$ 2.678,06
3515	R\$ 3.490,29	R\$ 3.834,35	R\$ 4.329,69
4856	R\$ 3.047,23	R\$ 1.342,85	R\$ 1.745,42
5641	R\$ 3.539,47	R\$ 2.975,98	R\$ 1.405,13
6359	R\$ 17.647,00	R\$ 20.351,89	R\$ 18.636,13
7873	R\$ 7.893,62	R\$ 6.514,09	R\$ 3.786,38
Total	R\$ 42.213,20	R\$ 40.362,05	R\$ 34.635,11

Tabla 4.10 - Costos de Producción Agosto-Octubre 2013 Modelo
Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 4.11 se observa la comparación que existe entre los costos totales reales y los entregados por el modelo.

Comparación Costos Totales		
Mes	Real	Modelo
Agosto	R\$ 43.391,59	R\$ 42.213,20
Septiembre	R\$ 42.073,41	R\$ 40.362,05
Octubre	R\$ 42.614,59	R\$ 34.635,11

Tabla 4.11 - Comparación Costos de Producción Agosto-Octubre 2013
Fuente: Elaboración Propia

La tabla 4.12 muestra los tiempos arrojados por el modelo, esta información es de gran relevancia para compararlos con la realidad de la empresa. Primeramente, se comenzará mostrando el resumen de producción mensual que pudiese tener la empresa si siguiera el modelo, esto se observa en las tablas 4.13 a 4.15.

Horas de Uso Maquinarias Modelo					
Maquina	Total Disponible Mes	Agosto	Septiembre	Octubre	% máximo utilizado
Prensa	288	84,64	97,08	85,26	33,71%
Sierra	144	40,67	28,00	28,01	28,24%
Dobladora	72	4,97	5,46	6,17	7,59%
Dobladora y Cortadora	72	40,04	26,42	20,22	55,61%
Torno	216	0,92	0,77	0,37	0,17%
Inyectora	144	2,85	6,78	5,70	4,71%
Expansora	144	25,78	19,78	22,03	17,90%
Pulidora	72	11,90	7,19	8,12	16,53%
Reductora	72	7,39	6,21	2,93	10,26%
Lavadora	144	20,06	15,54	10,02	13,93%
Mano de Obra	273	182,40	217,25	185,62	79,58%

Tabla 4.12 - Tiempos utilización de maquinaria según modelo Agosto-Octubre 2013
Fuente: Elaboración Propia

AGOSTO MODELO				
Producto	Demanda	Inventario Inicial	Producción	Inventario Final
104	6500	6700	3050	3250
3459	1207	-287	2097	603
3515	700	290	761	351
4856	960	-407	1847	480
5641	850	-290	1566	426
6359	700000	350000	700000	350000
7873	7000	1100	9400	3500

Tabla 4.13 - Resumen Modelo Mes de Agosto
Fuente: Elaboración Propia

SEPTIEMBRE MODELO				
Producto	Demanda	Inventario Inicial	Producción	Inventario Final
104	7000	3250	7250	3500
3459	1130	603	1095	568
3515	790	351	836	397
4856	860	480	813	433
5641	1160	426	1316	582
6359	775000	350000	812500	387500
7873	7500	3500	7750	3750

Tabla 4.14 - Resumen Modelo Mes de Septiembre
Fuente: Elaboración Propia

OCTUBRE MODELO				
Producto	Demanda	Inventario Inicial	Producción	Inventario Final
104	6400	3500	6100	3200
3459	1050	568	1010	528
3515	890	397	944	451
4856	990	433	1057	500
5641	800	582	620	402
6359	750000	387500	737500	375000
7873	5500	3750	4500	2750

Tabla 4.15 - Resumen Modelo Mes de Octubre
Fuente: Elaboración Propia

Con datos de la realidad y lo arrojado por el modelo, se confecciona la tabla 4.16, que presenta la diferencia entre los balances al final de los distintos periodos. En el escenario real, se aprecia que al final de cada periodo no se completó la producción que satisfaga la demanda (al tener un número negativo de productos), mientras que en el modelo se observa que al final de cada periodo quedan productos en inventario en la cantidad necesaria. Luego de analizar esta tabla, se comparan los tiempos de maquinaria y costo de producción, para observar la diferencia que provoca esta situación.

Balance Final Periodo (unidad de producto)						
Producto	Agosto		Septiembre		Octubre	
	Real	Modelo	Real	Modelo	Real	Modelo
104	8700	3250	12200	3500	13300	3200
3459	-214	603	56	568	-234	528
3515	110	351	-30	397	30	451
4856	-417	480	-77	433	-347	500
5641	-160	426	-40	582	-40	402
6359	650000	350000	625000	387500	775000	375000
7873	-300	3500	-300	3750	1000	2750

Tabla 4.16 - Diferencia Balances Final de periodos entre real y modelo (unidad de producto)
Fuente: Elaboración Propia

Para analizar la situación, en la tabla 4.17 se presenta la diferencia de tiempos en que fueron utilizadas las máquinas (entre lo real y lo arrojado por el modelo). Además, se puede aseverar que la empresa, analizando los factores de tiempo y costo, no debería tener problemas para planificar la producción, con lo cual podría evitar problemas en los pedidos (atrasos).

Tiempo Maquinarias Con Modelo (horas)									
Mes	Agosto			Septiembre			Octubre		
Maquina	Real	Modelo	Diferencia	Real	Modelo	Diferencia	Real	Modelo	Diferencia
Prensa	116,33	84,64	-27%	91,17	97,08	6%	98,46	85,26	-13%
Sierra	24,55	40,67	66%	29,70	28,00	-6%	25,03	28,01	12%
Dobladora	3,40	4,97	46%	4,25	5,46	29%	6,21	6,17	-1%
Dobladora Cortadora	23,07	40,04	74%	29,30	26,42	-10%	22,47	20,22	-10%
Torno	0,58	0,92	60%	0,75	0,77	3%	0,47	0,37	-22%
Inyectora	7,94	2,85	-64%	9,81	6,78	-31%	5,98	5,70	-5%
Expansora	15,98	25,78	61%	19,31	19,78	2%	20,06	22,03	10%
Pulidora	6,91	11,90	72%	8,31	7,19	-13%	6,67	8,12	22%
Reductora	4,62	7,39	60%	6,04	6,21	3%	3,77	2,93	-22%
Lavadora	11,89	20,06	69%	15,64	15,54	-1%	12,94	10,02	-23%
Mano de Obra	250,45	182,40	-27%	222,42	217,25	-2%	214,90	185,62	-14%

Tabla 4.17 - Diferencia tiempo de uso maquinarias (Horas)

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 4.17 se advierte que en el mes de agosto los tiempo de uso en las maquinarias son mayores en el modelo, comprobándose esto también en las tablas 4.9 y 4.12, donde en ningún caso se supera el 60% del tiempo total disponible para la producción de los productos estudiados en alguna maquinaria, a excepción del tiempo de la mano de obra, mientras que en septiembre y octubre los tiempos arrojados por el modelo son más parejos, esto se debe a que el primer periodo en que se hace correr el modelo es agosto, periodo en el que el modelo se alimenta de la situación anterior de la empresa, por lo que se utilizan las maquinarias según corresponde, para satisfacer los pedidos pendientes y cumplir con los actuales junto con el inventario, mientras que en septiembre y octubre el modelo inicia con sus balances ya estables, es decir, sin atrasos.

Comparando la diferencia, porcentaje de tiempo que utilizaría el modelo en relación con lo que realmente se utilizó, en los meses de septiembre y octubre el modelo no presenta rangos de tiempo más allá de un 31%, aunque esta diferencia apoyada de las tablas nombradas anteriormente, no significa una complicación para el uso de maquinarias, es más, analizando estas tablas, se puede ver que con respecto a tiempo de uso, la empresa DFM tiene el suficiente para cumplir con los pedidos y generar un inventario estable.

En la tabla 4.18 se aprecia la diferencia de lo que costó producir en esos meses para la empresa, en comparación al gasto que produciría al guiarse por el modelo.

Comparación Costos Totales				
Mes	Real	Modelo	Diferencia	Ahorro
Agosto	R\$ 43.391,59	R\$ 42.213,20	R\$ 1.178,38	3,04%
Septiembre	R\$ 42.073,41	R\$ 40.362,05	R\$ 1.711,36	4,55%
Octubre	R\$ 42.614,59	R\$ 34.635,11	R\$ 7.979,69	21,51%

Tabla 4.18 - Diferencia en Costos de Producción (unidad monetaria basada en real)
Fuente: Elaboración Propia

El costo de la producción real varía poco en los meses estudiados, si se apoya en las tablas 4.8 y 4.9 anteriormente descritas, se observa que el costo para cada producto cambia, pero las hora de uso de las maquinas no varían tanto, lo que demuestra que la empresa utiliza sus maquinarias aproximadamente la misma cantidad de horas todos los meses y lo que hace la diferencia de costo sólo es el valor de la materia prima del producto procesado. Sin embargo, los costos arrojados en el modelo, entregan un valor más elevado en agosto por la misma razón que existió la mayor diferencia en los tiempos de uso de maquinaria, ya que fue el mes con el que se empezó la alimentación del modelo y debió completar los pedidos pendientes y además satisfacer un inventario de seguridad, para luego arrojar una diferencia entre el mes de septiembre y octubre, que repercute únicamente en la demanda de los productos.

Según las comparaciones realizadas anteriormente, el tiempo de uso de máquinas en DFM no es un problema para cumplir con la demanda e inventario, es más, se tendría tiempo suficiente para producir productos y hasta doblar la producción, agregando mano de obra para embalar, ya que este es el tiempo que más cerca esta del tope.

La conclusión obtenida acerca del tiempo de ocio, hizo que se consultara a la empresa quien aseveró que las máquinas están varias horas al día detenidas.

En cuanto a los costos de producción, no serían un problema para DFM, ya que como se observa en la tabla 4.18 anteriormente analizada, los costos de producción actualmente son más altos, debido a que corresponden sólo al primer periodo de adaptación, sin embargo, siguen estando por debajo de lo real. Luego el modelo indicaría los procesos con menor costo para completar las demandas de cada semana. Esta situación sigue demostrando que es un problema de planificación, por lo que el modelo puede solucionar el problema y además proporcionar informes para el análisis del tiempo de ocio que tiene cada maquinaria, ayudando a su vez, a las futuras adquisiciones de máquinas, productos y/o clientes.

En Anexo G: Resultados del modelo, se pueden contemplar las tablas que arroja el modelo.

4.2 Implementación del modelo propuesto

Para la implementación de la propuesta se plantea un modelo prototipo diseñado en una planilla electrónica, el cual es solucionado en Opensolver, herramienta de análisis complementaria para Excel. Cabe señalar que el modelo diseñado es lineal continuo, por lo que se resolvió con el algoritmo Simplex, utilizando su implementación computacional que hace Opensolver del método señalado.

Se espera que exista un tiempo de adaptación entre la forma actual de planificar la producción y la planificación basada con el uso del modelo propuesto, el tiempo estimado se espera sea entre uno a dos meses, donde se da paso al uso del modelo de forma rutinaria.

No se debe descartar la posibilidad de ampliar el modelo y hasta la posibilidad de adquirir un software comercial, que cuente con mayor capacidad que el diseñado en una planilla electrónica.

Si se observan resultados favorables al utilizar el modelo diseñado, es factible la idea de ampliar el modelo, a través de la incorporación de más productos (el modelo actual solo considera 7 que son el 80% de sus ingresos), lo que aumentaría sus variables. Sin embargo, si se desea incorporar la totalidad de los productos, la empresa puede considerar la compra de un software comercial, ya que con el aumento de las variables en el modelo y éste al ser más poderoso, no presentaría un aumento excesivo en el tiempo de resolución. Por otra parte al ser una herramienta poderosa, se puede considerar para la implementación de nuevos productos, maquinarias y hasta para incluir nuevos proyectos relacionados con la investigación de operaciones, al interior de la empresa.

El análisis a continuación, evalúa la implementación del modelo propuesto a través del uso de la planilla electrónica.

Para comenzar la evaluación de la implementación del modelo, se consideran las actividades que se encuentran en la carta Gantt de la figura 5.1, la cual indica los pasos necesarios, para implementar la solución a nivel rutinario.

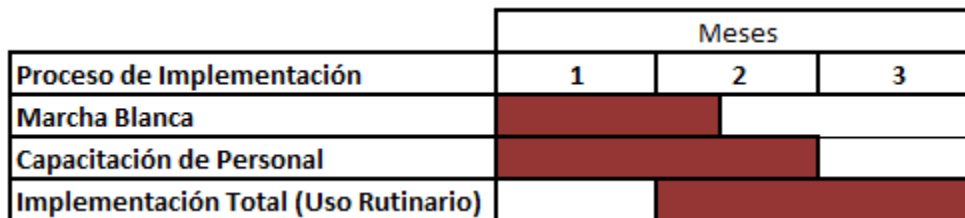


Figura 4.1 - Carta Gantt Para Implementación

La primera actividad que se muestra en la figura 4.1, corresponde al periodo de “marcha blanca”, el que consta de un intervalo de tiempo de adaptación en el cual se hace uso del modelo y en paralelo se mantiene lo que la empresa utiliza para planificar. Este periodo se inicia junto con la capacitación del personal para el manejo del modelo. De acuerdo a esto, mientras se va avanzando en el periodo de marcha blanca y capacitación se debe dar paso al uso rutinario de la solución encontrada. Se estima que todo lo anterior debe estar completarse alrededor del tercer mes de implementación.

El considerar un periodo de “marcha blanca” se debe a que siempre existen percances en la práctica y es probable que el modelo no arroje los resultados esperados inmediatamente, también se considera los aspectos que pueden entorpecer la implementación, como, el lugar y la instalación de equipos para utilizar el modelo, el cambio de mentalidad que es necesario, para cambiar el modo que se utiliza actualmente la planificación.

Para la obtención del software que se utiliza en la solución del modelo, es necesario conocer de donde proviene Opensolver, éste trabaja como complemento de Microsoft Excel y es gratuito, se puede encontrar más información en la página oficial, junto con el link de descarga <http://opensolver.org/>. Todo lo anterior es estimado considerando que la empresa cuente con el software de Microsoft Excel, si no es el caso, la herramienta para empresas Microsoft office, para un pc y de forma vitalicia, tiene un precio de 837 Reales (US\$221) (<http://www.microsoftstore.com/>).

Para la implementación de la solución propuesta a través de la planilla electrónica de Opensolver, se deberá contar con un experto en planillas, el cual tendrá la tarea de guiar el proceso de cambio computacional, instalación de la herramienta y capacitación en el uso de ésta. Trabajo que está contemplado realizar por un integrante de esta memoria, que ya ha trabajado en la empresa.

Según las página web <http://www.creasp.org.br/> (“CREA” Consejo Regional de Ingeniería y Agronomía del estado de São Paulo), el costo de contratar a un profesional ingeniero civil industrial (símil brasilero “ingeniero en producción”), recién egresado asciende a R\$ 3.000 aproximadamente (US\$ 792). Como en este caso, la empresa decidió contratar a un creador del modelo, éste además de

implementar, debe aplicar algunos cambios en la herramienta según la necesidad de la empresa y encargarse de la capacitación. Suponiendo que, además debe viajar al país donde se encuentra la empresa para su implementación, se estima un cobro por parte del profesional aproximadamente de 3.500 reales (US\$924). Suponer además, que se trabajara a honorarios.

Observación: Para obtener el costo en dólares, se consideró el valor del dólar a 3,79 reales (Valor correspondiente al banco central de Brasil al día 03 de diciembre del 2015).

En DFM se pretende capacitar a dos personas para el uso del modelo, las cuales corresponden al área de producción. Según los datos entregados por la empresa, sus colaboradores tienen un sueldo de alrededor de 1.400 Reales (US\$ 370). Considerando el caso que cada uno será capacitado dentro de DFM, destinando dos horas del día para capacitación, durante el periodo de dos meses (capacitación, "marcha blanca" y el inicio del uso rutinario).

A su vez se tiene que en DFM, un colaborador del área de producción está trabajando en turnos de 8 horas al día, de lunes a viernes. Considerando que un mes cualquiera tiene 4 semanas. Entonces, cada uno, trabaja 160 horas al mes.

El costo por las horas destinadas a capacitación (En reales) se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Costo hora de trabajador} = \left(\frac{\text{Remuneración Mensual}}{\text{N}^\circ \text{ de Horas de trabajo al mes}} \right)$$

$$\text{Costo hora de trabajador} = \frac{1400}{160} = 8,75 \text{ Reales (US\$ 2,3)}$$

Dado que son dos los trabajadores que serán designados a capacitación, el costo total asociado a esta por hora es:

$$\text{Costo por hora de los trabajadores en capacitación} = 8.75 \times 2 = 17.5 \text{ Reales (US\$4,6)}$$

Se sabe que se invierten 40 horas de capacitación en cada uno de ellos, por dos meses de capacitación. Entonces el costo mensual asociado de invertir estas horas en capacitación es igual a:

$$\text{Costo de capacitación mensual} = 17.5 \times 40 = 700 \text{ Reales (US\$ 184)}$$

Como se mencionó en el capítulo anterior, además de solucionar los problemas de atraso de pedidos con el modelo, también se obtiene un ahorro mensual en costos de un promedio de 3.623 unidades monetarias, con respecto al

uso que se le estaba dando en la realidad a las maquinarias e inventario. Recuerde que es un valor aplicado por un factor que solo conoce DFM, haciendo que todos los valores presentados en esta tesis estén multiplicados por un factor desconocido. Es debido a esto que no se puede calcular una estimación del valor actual neto de manera formal, para la implementación del proyecto, solo podemos entregar el costo de implementación. En la tabla 5.1 se encuentran los gastos de implementación asociados:

Gastos	Valor en Reales
Adquisición De Software Office	R\$ 837
Gastos Capacitación (dos meses)	R\$ 1.400
Honorario Encargado Capacitación (dos meses)	R\$ 7.000
Costo Total Implementación	R\$ 9.237

Tabla 4.19 - Gastos de Implementación
Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se puede observar que la licencia del software Microsoft office, que contiene Excel, software necesario para implementar nuestra planilla electrónica, tiene un valor 837 Reales. La capacitación de 2 meses, donde se encuentra el costo de las horas de capacitación por ambos trabajadores, que haciendo a la suma de 700 reales por mes. Por último, a esto se agrega el honorario de la persona que los capacitará en el uso del modelo que es de 3.500 reales durante dos meses. Teniendo así un costo de implementación de 9.237 Reales.

Por otra parte, se espera que exista colaboración de los trabajadores en el proceso de implementación, ya que el trabajo en conjunto fortalecerá a DFM. Además se estima que la empresa disponga de entrenamientos formales a sus trabajadores para hacerlos más partícipes de las mejoras propuestas. A su vez se espera que DFM dé incentivos para hacer más llevadera la tarea, ya que producir este cambio, va a provocar que ellos estén más inmersos en la producción en sí.

Es vital para la empresa estrechar lazos con sus colaboradores, ya que trabajadores a gusto, son los que permiten el logro de objetivos tanto para la organización como los personales, logrando la supervivencia de la empresa con eficiencia y eficacia.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y PROPUESTA

5.1. Conclusiones

De esta memoria de título se puede concluir que se logró el objetivo principal, el cual es proponer una herramienta de apoyo a la planificación de la producción en la empresa DFM, para reducir la cantidad de pedidos atrasados a sus clientes y abordar las decisiones de inventario. Esto se realizó mediante la construcción de un modelo matemático con funciones lineales, continuo y con restricciones. El cual indica en qué periodo se debe producir para satisfacer la demanda bajo las restricciones del sistema, lo que permite a la empresa:

- La utilización correcta de recursos y horas de ejecución.
- Estimar los tiempos de entrega de los productos a los clientes.
- Distribuir de manera eficiente el uso de mano de obra para cada período.
- Realizar una estimación certera del uso de maquinarias y tiempos de ocio.
- Apoyar las decisiones de inventario, para los productos representativos de la empresa.

En el desarrollo del modelo se establecieron distintas restricciones, las que incluían restricciones de demanda, inventario, disponibilidad de maquinaria y mano de obra, donde sólo se utilizó el 60% de las horas disponibles del tiempo total, debido a que se trabajó con un subconjunto de productos y no con la totalidad de ellos.

A un nivel general se aprecia que los resultados obtenidos por el modelo, revelan que la demanda se puede satisfacer en los primeros meses del horizonte de tiempo, esto se debe principalmente a que el modelo determina la manera más eficiente de satisfacer la demanda, utilizando al máximo las horas y disponibilidad que cada máquina, en comparación con los periodos posteriores de fabricación.

Al analizar los costos totales de producción; que incluyen materia prima, mano de obra e inventario, obtenidos por la función objetivo se puede concluir que éstos disminuyen hasta un 21,51% al aplicar el modelo matemático, en comparación a los mismos valores en el escenario real, correspondiente a la situación de la empresa en los meses agosto, septiembre y octubre del año 2013. Esta situación se puede visualizar en la tabla 4.18, donde se aprecian los costos mensuales reales contrastados con los del modelo. En primera instancia, se tiene que durante los dos primeros meses no existe una baja considerable en los costos, sólo es en el tercer mes donde se logra un amplio margen de ahorro, por lo explicado anteriormente.

Al observar el análisis de resultados se deduce que el modelo es flexible a los cambios, puesto que el modelo se irá alimentando constantemente de datos reales de demanda. Los costos totales de producir aumentan o disminuyen

linealmente con la producción, y en relación al tiempo de utilización de las maquinarias y mano de obra, éste no superó el 60% disponible, llegando a utilizar como máximo el 55,61% en las maquinarias, y en la mano de obra 79,59% (ambos porcentajes derivados del 60% total que se utilizó). Al seguir comparando, se observa que el modelo disminuye la mayoría de los tiempos de uso de maquinaria, logrando hasta un 23% en relación a lo real, lo cual hace que el uso de la maquinaria sea eficiente debido a que utiliza menos tiempo y satisface el objetivo de cumplir con los pedidos.

Para medir los resultados y validarlos se utilizaron dos indicadores; el primero fue el cumplimiento de la entrega de pedidos a sus clientes, ya que como se estudió en el transcurso de esta memoria, la empresa presentaba deficiencias a la hora de hacer la entrega de pedidos a sus clientes, factor que llegaba a un 68,4% con 10 días hábiles de retraso promedio, lo que impedía el cumplimiento de posteriores pedidos, generando poca seriedad en nombre de DFM, dado que un factor de diferenciación con la competencia es efectivamente el tiempo de entrega de éstos. Con la aplicación del modelo propuesto, no hay atrasos en la entrega de pedidos debido a que el modelo considera restricciones de demanda que obligan a cumplir con ésta, por lo que la entrega de productos a sus clientes no posee retrasos, dado que la herramienta otorga la información correcta de qué, cuánto y cuando producir lo solicitado.

El segundo indicador fue la cantidad de inventario, cabe señalar que este exceso de inventario se presentaba sólo en algunos productos, y fue considerado un indicador secundario pero relevante a la hora de estimar la producción. Con el desarrollo del modelo se logra nivelar la producción, evitando la sobreproducción y sólo fabricando el inventario necesario para la empresa, por lo que la herramienta diseñada facilita la toma de decisiones para esta situación.

Finalmente, se concluye que el modelo de planificación de la producción le es útil a la empresa para disminuir costos de producción, controlar y/o medir los tiempos de trabajo, proporcionándole información para la toma de decisiones de inventario y a su vez les permite cumplir con la entrega de pedidos a sus clientes. Esto le facilitará a DFM centrar su enfoque en una mejora continua que le permita penetrar aún más el mercado.

Por todo lo anterior, la empresa decidió que uno de los integrantes de esta memoria irá a implementar y efectuar diversas tareas, que contemplen todos los matices para lograr el objetivo de manera eficiente y eficaz. El análisis económico que se realizó para la implementación de la herramienta diseñada, consta de dos meses de arduo trabajo en el proceso de “marcha blanca” y capacitación alcanzando la suma de 9.237 Reales (US\$2.437), monto aplicable para la empresa y que permitirá, a mediano plazo, reducir sus costos favorablemente.

5.2. Recomendaciones y propuesta

Como se indica en los resultados arrojados por el modelo, la empresa en el escenario real incurre en más costos y tiempo de utilización de maquinarias, sin cumplir con los pedidos en el tiempo prometido, mientras que en el escenario del modelo se cumple con todos los pedidos e incluso se deja una cierta cantidad de inventario. Además, el modelo incurre en menos costos y la utilización de las máquinas es el 60% del total que dispone. De todo lo anterior se desprende que en DFM poseen una gran cantidad de tiempo ocioso, es decir, que la demanda no está cerca de igualar la capacidad de producción de la empresa, por lo que se recomienda:

- Monitorear constantemente el comportamiento de la demanda y realizar ajustes futuros en los modelos de pronósticos, debido a que la realidad siempre va cambiando, se espera que la situación estudiada también sufra modificaciones.
- Analizar la posibilidad de utilizar las maquinarias para la creación de nuevos productos y plantear como empresa una estrategia para el aumento de ventas y así disminuir el tiempo de ocio de las maquinarias.
- Estudiar la posibilidad de arrendar las maquinarias a terceros que hagan uso de éstas, para completar el tiempo de ocio y adquirir ingresos que pueden ser destinados a los actuales costos de mantención.
- Debido a que sólo se hizo una estimación gruesa de los costos asociados al inventario, y dado a que éstos pueden ser relevantes en el tiempo, es necesario que la empresa, a fin de mejorar la estimación de los costos de inventario, realice un estudio más detallado en este sentido, el cual considere su gestión y costos.

Para los costos, se deben considerar los costos de almacenamiento (por tiempo o estacionalidad si hubiese), de gestión de materiales, de inversión o pérdida, etc.

En cuanto a la gestión se debe analizar cómo se almacenaran los productos, los espacios destinados por categoría, registros, etc., ya que en la actualidad no se tiene un uso eficiente de los espacios y es necesario mejorar el sistema de registro de inventario actual.

- Existencia de retroalimentación y coordinación entre el área de producción y el área de ventas (en DFM directamente con el dueño), ya que la información de estados dos áreas se relacionan estrechamente para la

toma de decisiones. En este momento esta situación no ocurre en DFM, por lo que la poca relación ha provocado el incumplimiento de la entrega de pedidos, entre otros acontecimientos.

- Crear un canal de información para que el entendimiento de tareas por parte de los trabajadores sea efectivo, y además podrán aportar para la mejora continua de la empresa.

Propuestas a largo plazo:

- Analizar la posibilidad de incluir en el modelo la totalidad de los productos que la empresa produce, ya que esto le generará un completo orden y planificación a largo plazo, traduciéndose en mayores ventajas, no solo en cuanto a ventas, sino también a nivel organizacional y comunicacional entre subordinados.
- Lanzar una propuesta de marketing al mercado, que les permita mantener una presencia activa en el rubro. Si bien en la actualidad posee herramientas que les ha proporcionado presencia, ésta es esporádica y no muy efectiva, por lo que se espera que con el tiempo disponible, realicen campañas de marketing que les permitan penetrar aún más en el mercado.

BIBLIOGRAFÍA

- [Heizer&Render04] Heizer, J. y Render, B. **Principios de Administración de Operaciones**. 5° Edición. Pearson Educación. 2004.
- [Heizer&Render07] Heizer, J. y Render, B. **Dirección de la Producción y de Operaciones. Decisiones Estratégicas**. Madrid. Pearson Educación S.A. 2007.
- John E. Hanke y Arthur G. Deitsch. **Pronósticos en los negocios**. 5° Edición. Maryland Composition 1996. Clasificación de pronósticos.
- [Jordi&Navascués98] Jordi Pau i Cos, Ricardo Navascués y Gasca. **Manual de Logística Integral**. 1° Edición. Díaz de Santos. 1998.
- [Anthony65] Anthony, R. **Planning and Control Systems**. A Framework for analysis. Boston, Division of Research, Graduate School of Business Administration, Harvard University. 1965.
- [Groover97] Mikell P. Groover. **Fundamentos de la Manufactura Moderna**. 1° Edición. Pearson Educación. 1997.
- [Chapman06] Stephen Chapman. **Planificación y Control de la Producción**. 1° Edición. Pearson Educación. 2006.
- [Chase&Alquilano] Chase, Alquilano y Jacobs. **Administración de Producción y Operación**. 8° Edición. McGraw-Hill; Colombia. 2000.
- [Chase&Alquilano] Chase, R., Jacobs, R. y Alquilano, N. **Administración de la Producción y Operaciones para una ventaja competitiva**. McGraw-Hill Interamericana; México. 2005.
- [Dominguez95] Domínguez Machuca, José Antonio García, S. Domínguez, M. A. Ruiz, Álvarez, M.J. **Dirección de Operaciones: Aspectos Tácticos y Operativos en la Producción y los Servicios**. McGraw-Hill; España. 1995.
- [Dominguez95] Domínguez Machuca, José Antonio García, S. **Dirección de Operaciones: Aspectos Tácticos y Operativos en la producción y en los Servicios**. McGraw-Hill; México. 1995.

- [Vollmann97] Vollmann, T. Berry, W.; Whybark, D. **Sistema de Planificación y Control de la Fabricación**. 3° Edición. Editorial Irwin; México. 1997.
- [Vollmann05] Vollmann, T. Berry, W.; Whybark, D. **Planificación y Control de la Producción, Administración de la cadena de suministros**. 5° Edición. McGraw-Hill Interamericana; México. 2005.
- [Ortiz&Varas04] Ortiz. Z., Carmen, Varas G., Samuel y Vera A. Jorge. **Optimización y Modelos para la Gestión**. Lom Ediciones; Chile. 2004.
- [Petit&Piera02] Antonio Guasch, Petit y Miguel Angel Piera. **Modelado y Simulación**. Upc Edicions. 2002.
- Rodrigo Viveros E., Eduardo Salazar H. **Modelo de Planificación de Producción para un Sistema Multiproducto con Múltiples Líneas de Producción**. Revista Ingeniería de Sistemas. Volumen XXIV. Junio 2010.
- Empresa DFM. Dirección Web: www.dfm.com.br.
- Página institucional del Banco Central (n.d). Tasas referenciales de la política monetaria a 360 días. Dirección Web: www.bcentral.cl.
- Página oficial de OpenSolver (n.d). Dirección Web: www.opensolver.org.
- Página del Banco Central de Brasil. Tasas de cambio dólar americano. Dirección Web: <http://www4.bcb.gov.br/>.
- Página del Consejo Regional de Ingeniería y Agronomía Brasil (C.R.E.A). Salario Inicial Ingeniero. Dirección web: <http://www.creasp.org.br/>.

ANEXOS

Anexo A: Productos

	PIEZA 3459		
	Tipo	Curva 22,22mm- 7/8" X90° - PAR.1,00mm.	
	FABRICACION		
	OPERACIÓN	MAQUINA	PIEZAS/HORA
	Doblar 90° Y Cortar Partes	Dobladora Y Cortadora Automatica	268
	Pulir	Pulidora	1072
	Recortar Puntas	Sierra	159
	Pulir	Pulidora	1072
	Hacer Expansión	Expansora	284
	Lavado De Piezas	Lavadora	5000
Embalar	Manual	3500	

Figura 6.1 - Pieza Código 3459

	PIEZA 4856		
	Tipo	Curva 19.05mm-3/4" X90°.	
	FABRICACION		
	OPERACIÓN	MAQUINA	PIEZAS/HORA
	Doblar 90° Y Cortar	Dobladora Y Cortadora Automatica	168
	Pulir	Pulidora	672
	Recortar Puntas	Sierra	159
	Pulir y Lavar	Pulidora	672
	Hacer Expansión	Expansora	284
	Lavado De Piezas	Lavadora	650
Embalar	Manual	650	

Figura 6.2 - Pieza Código 4856

	PIEZA 5641		
	Tipo	FILTRO HLE 7863	
	FABRICACION		
	OPERACIÓN	MAQUINA	PIEZAS/HORA
	Corte según Longitud	Sierra	283
	Extraer Borde Sobresaliente	Torno	1700
	Lavar En SiderClean	Lavadora	850
	Colocar Filtro En Tubo En Altura	Prensa Neumatica	425
	Quitar Puntas, Colocar Aceite	Reductora	212
	Lavar En SiderClean	Lavadora	850
Hacer hendiduras laterales	Prensa	212	
Pegar Adhesivo Apuntando Filtro	Manual	425	
Embalar	Manual	1050	

Figura 6.3 - Pieza Código 5641


	PIEZA 6359		
	Tipo	Terminal Res 6,30 X 90° Bol. Pequeño	
	FABRICACION		
	OPERACIÓN	MAQUINA	PIEZAS/HORA
	Colocar Lamina En Maquina	Manual	10000
	Crear Terminales	Prensadora	9180
Embalar (Paquetes de 5000, 4 cajas) (venta paquetes)	Manual	12000	

Figura 6.4 - Pieza Código 6359


	PIEZA 7873		
	Tipo	Curva 180°	
	FABRICACION		
	OPERACIÓN	MAQUINA	PIEZAS/HORA
	Doblar Pieza 180° Y	Dobladora Y Cortadora	443
	Cortar	Automatica	750
Pulir y Lavar	Lavadora	650	
Escoger Las Piezas	Manual	650	
Embalar	Manual	650	

Figura 6.5 - Pieza Código 7873

Anexo B: Costos de Confección

Pieza COD 104	
Proceso	Costo de Confección
Proceso de Maquina	0,076
Colocar Latón En Prensa	0,009
Proceso Máquina	0,160
Colocar Terminales En porta Fusible y Apretar	0,029
Embalar	0,009
TOTAL	0,2818

Tabla 6.1 - Costo procesos Pieza COD 104
Fuente: Elaboración Propia

Pieza COD 3515	
Proceso	Costo de Confección
Corte según Longitud	0,102
Doblar 90°	0,051
Pulir	0,051
Recortar Puntas	0,102
Pulir	0,051
Expansión De Puntas	0,102
Lavado De Piezas	0,051
Embalar	0,102
TOTAL	0,60973

Tabla 6.2 - Costo procesos Pieza COD 3515
Fuente: Elaboración Propia

Pieza COD 4856	
Proceso	Costo de Confección
Doblar 90° y Cortar	0,112
Pulir	0,037
Recortar Puntas	0,112
Pulir y Lavar	0,037
Hacer Expansión	0,056
Lavado De Piezas	0,007
Embalar	0,011
TOTAL	0,372

Tabla 6.3 - Costo procesos Pieza COD 4856
Fuente: Elaboración Propia

Pieza COD 5641	
Proceso	Costo de Confección
Corte según Longitud	0,053
Extraer Borde Sobresaliente	0,113
Lavar En SiderClean	0,113
Colocar Filtro En Tubo	0,538
Quitar Puntas, Colocar Aceite	0,085
Lavar En SiderClean	0,113
Hacer Hendiduras 2x de cada lado	0,072
Pegar Adhesivo Apuntando Filtro	0,085
Embalar	0,079
TOTAL	1,2482

Tabla 6.4 - Costo procesos Pieza COD 5641
Fuente: Elaboración Propia

Pieza COD 7873	
Proceso	Costo de Confección
Doblar Pieza 180° Y Cortar	0,1584
Pulir y Lavar	0,0053
Escoger Las Piezas	0,0021
Embalar	0,0230
TOTAL	0,18874

Tabla 6.5 - Costo procesos Pieza COD 7873
Fuente: Elaboración Propia

Anexo C: Demanda Real

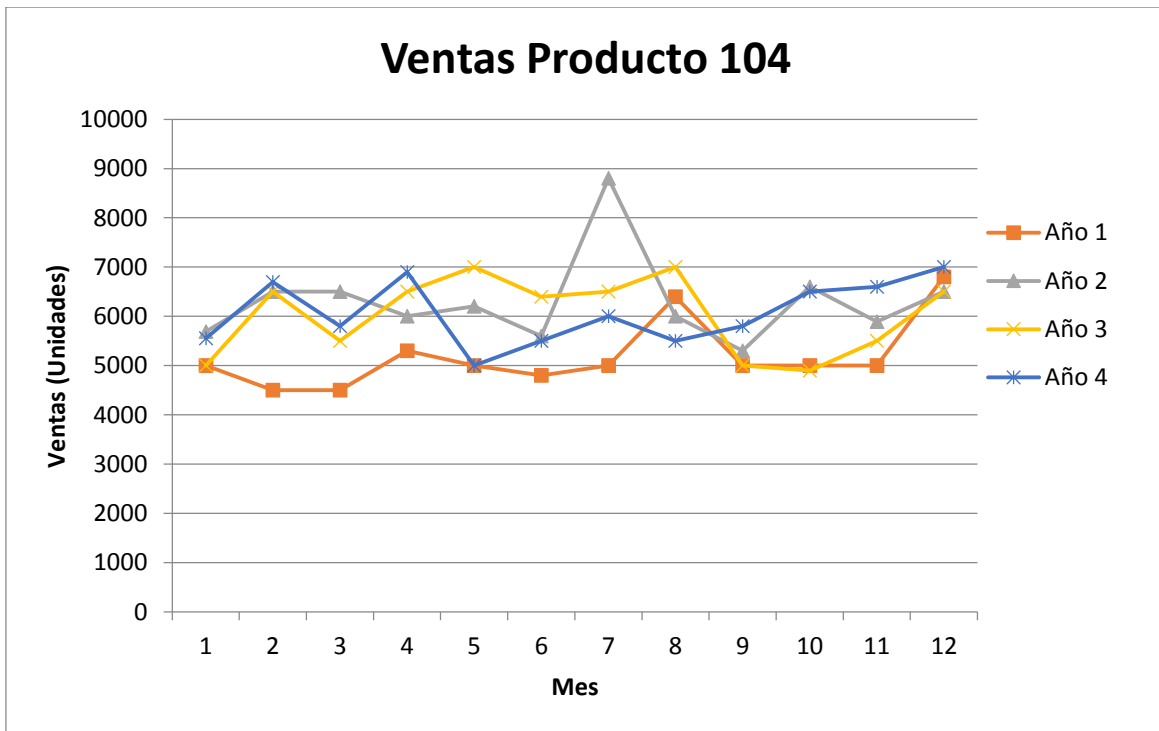
MES	104	3459	3515	4856	5641	6359	7873
1	5000	560	620	820	1294	150	5100
2	4500	720	520	960	1102	160	5800
3	4500	956	662	1010	890	130	4400
4	5300	836	560	960	810	140	6500
5	5000	795	550	840	1090	150	6550
6	4800	750	660	860	1200	160	5000
7	5000	780	670	890	920	130	6500
8	6400	813	716	940	850	150	6700
9	5000	730	580	1020	1000	150	4900
10	5000	950	730	800	990	160	4900
11	5000	840	660	860	1220	150	6800
12	6800	830	780	950	805	170	5500
13	5690	770	844	1060	1200	140	5700
14	6500	920	780	800	950	180	6800
15	6500	740	850	950	840	130	6000
16	6000	830	650	880	1250	150	7500
17	6200	970	630	990	920	160	5300
18	5600	1095	750	1050	1200	200	5500
19	8800	855	830	889	1050	150	4700
20	6000	958	875	850	1200	140	5700
21	5300	1112	850	980	860	150	6800
22	6600	840	880	966	1200	130	7490
23	5890	790	830	940	950	150	6510
24	6500	856	686	1035	950	165	6200
25	5000	1032	720	900	1200	150	7200
26	6500	955	900	940	1050	170	5500
27	5500	980	740	840	850	150	6700
28	6500	1207	700	960	850	140	7000
29	7000	1130	790	860	1160	155	7500
30	6400	1050	890	990	800	150	5500
31	6500	910	997	850	1150	165	6200
32	7000	1200	712	1005	950	150	7900
33	5000	1250	910	960	1160	170	10000
34	4900	1108	705	908	1200	150	7800
35	5500	980	709	860	1050	160	7500
36	6500	1020	680	840	910	140	6500

37	5550	865	763	950	990	180	7900
38	6700	845	890	1066	1050	160	6500
39	5800	1036	710	985	1040	170	6900
40	6900	895	900	960	1200	150	7000
41	5000	948	735	890	860	150	7800
42	5500	830	989	1020	990	170	8000
43	6000	1046	798	800	1060	160	7400
44	5500	1088	910	920	880	140	6900
45	5800	846	790	930	940	150	7800
46	6500	928	865	880	1000	170	7200
47	6600	950	764	1060	980	150	6200
48	7000	1200	995	1090	1200	150	7800

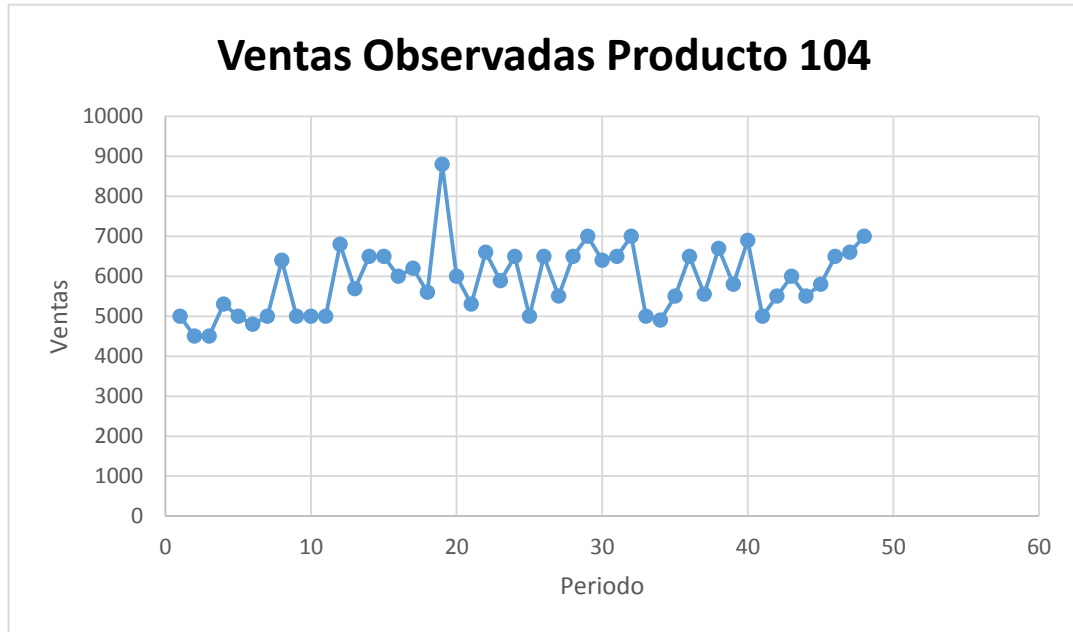
Tabla 6.6 - Demanda 48 Meses
Fuente: DFM

Anexo D: Pronósticos Y Errores

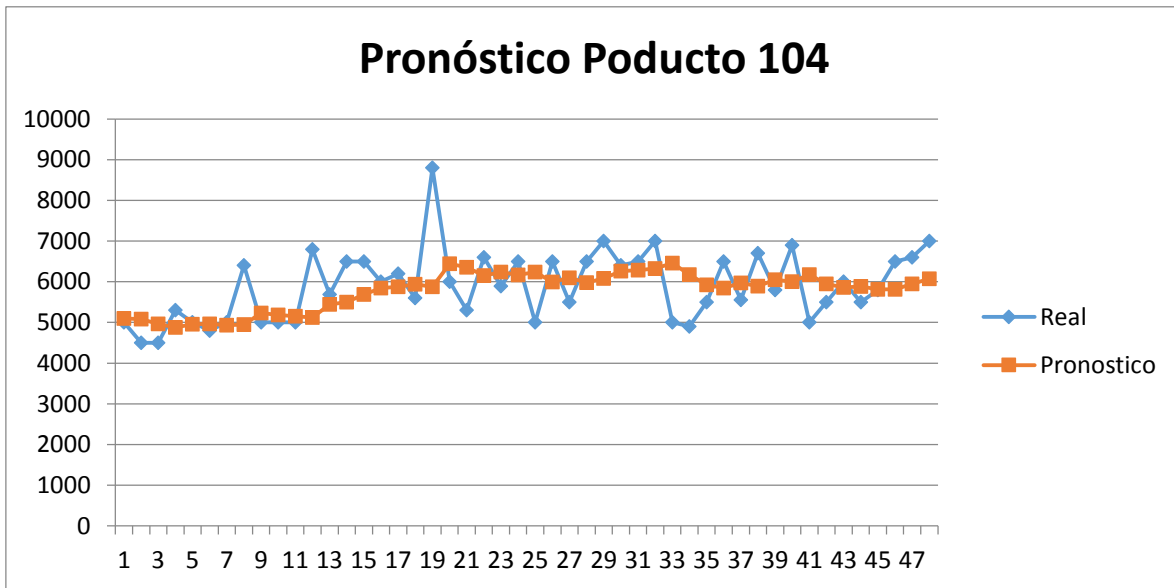
En el producto 104 se utilizó un pronóstico de suavizamiento exponencial con tendencia.



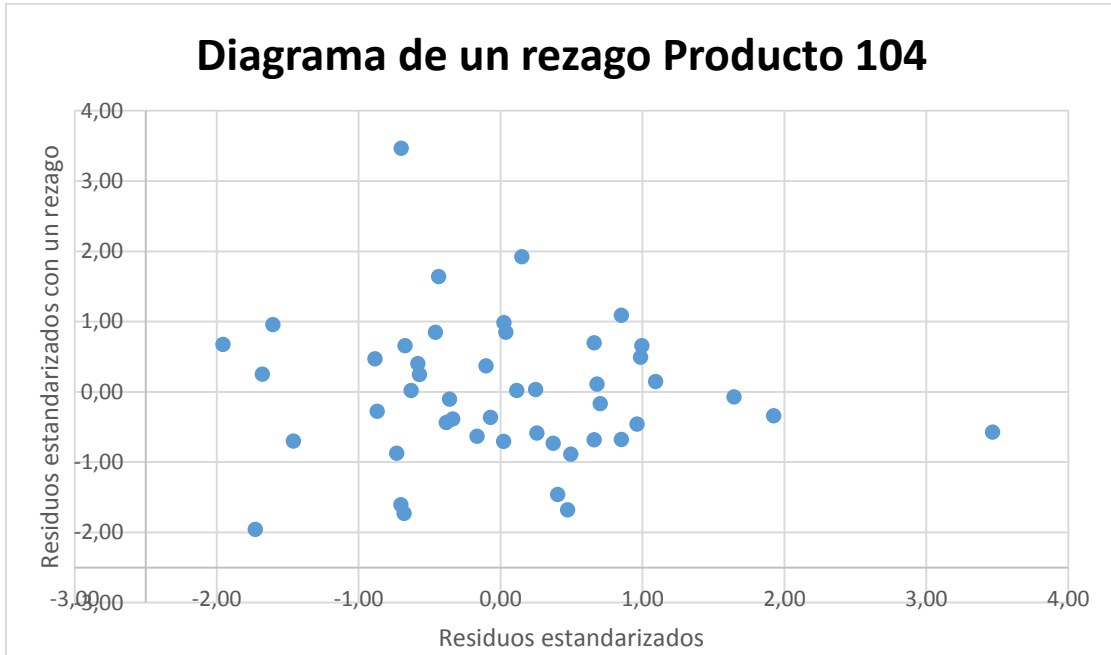
Gráfica 6.1 - Ventas Anuales Producto 104
Fuente: Elaboración Propia



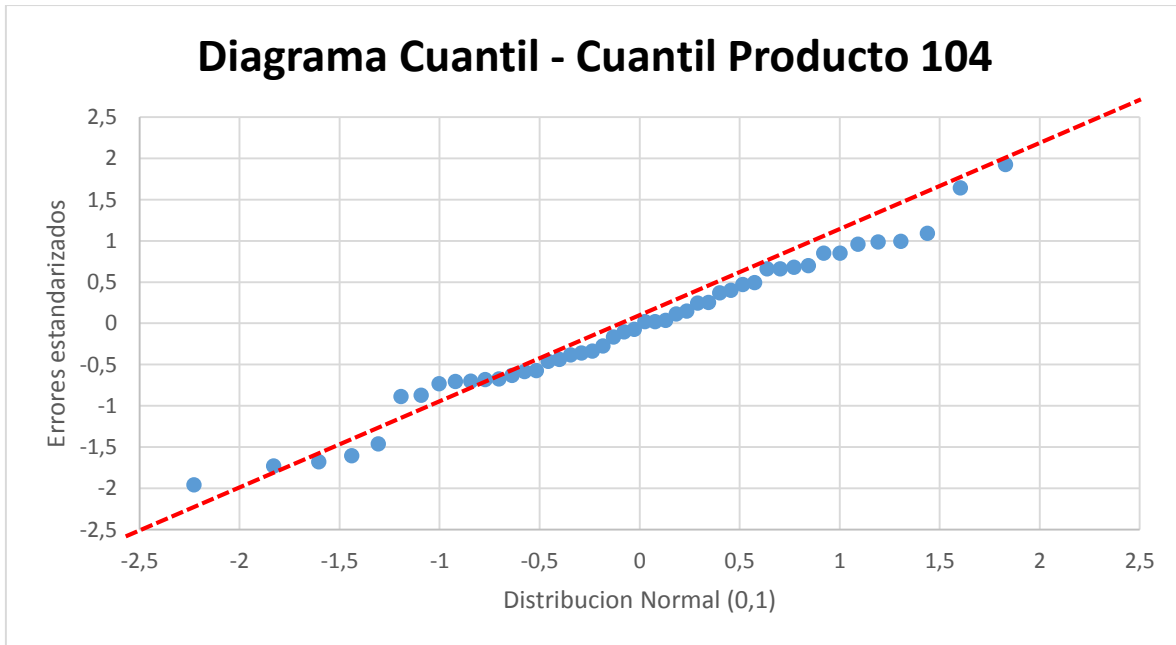
Gráfica 6.2 Ventas Observadas Producto 104
Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 6.3 - Pronóstico Producto 104
Fuente: Elaboración Propia

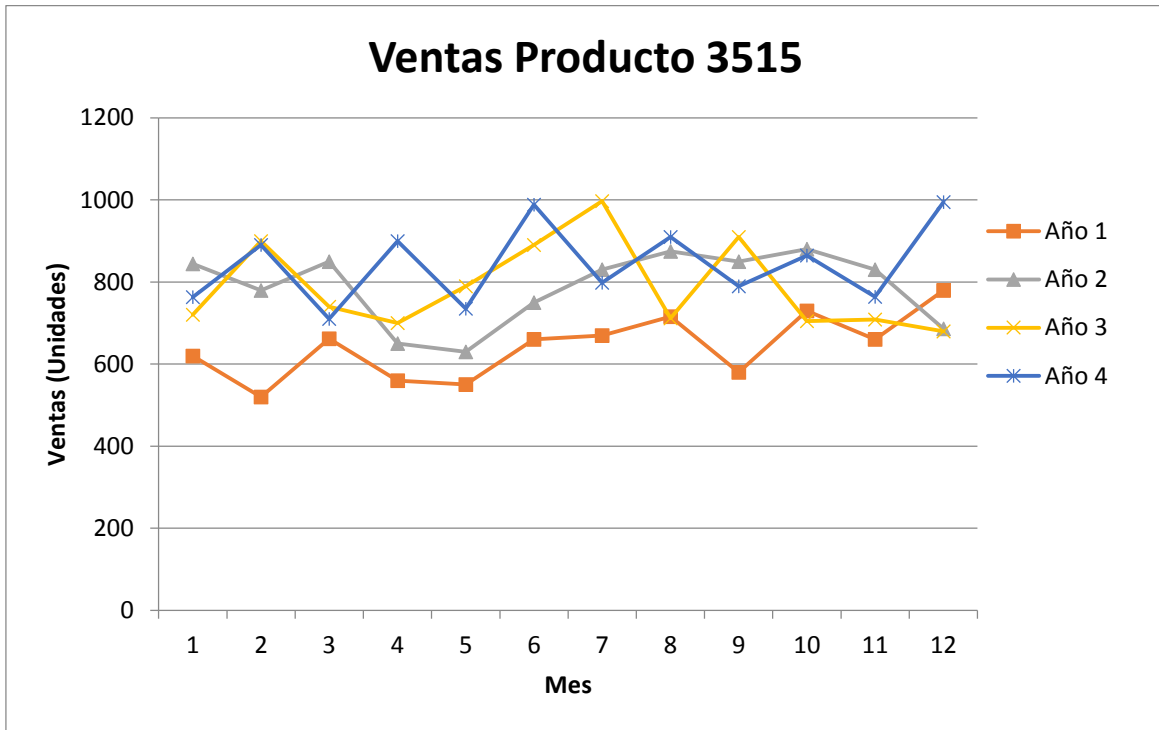


Gráfica 6.4 - Diagrama de un rezago (errores) Producto 104
 Fuente: Elaboración Propia

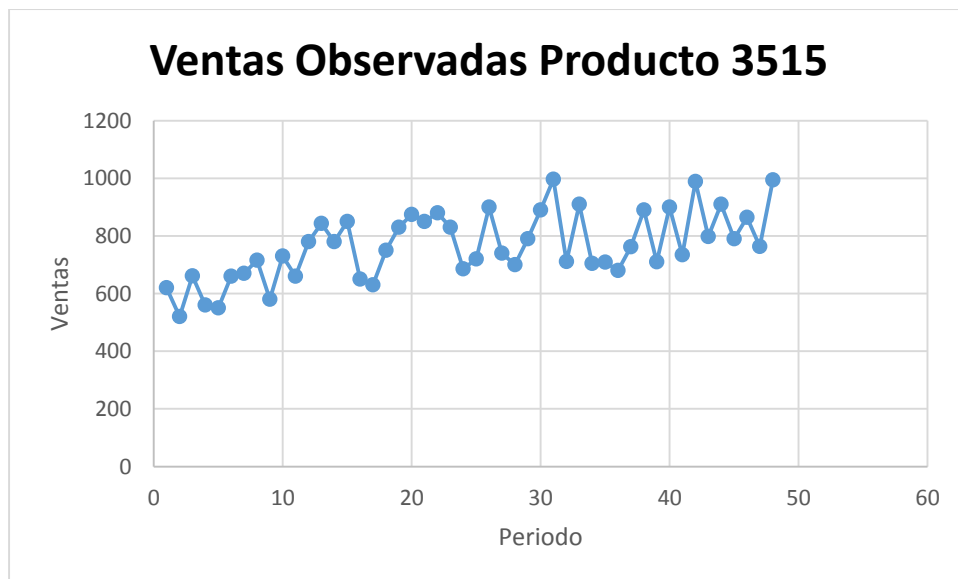


Gráfica 6.5 - Diagrama Cuantil - Cuantil Producto 104
 Fuente: Elaboración Propia

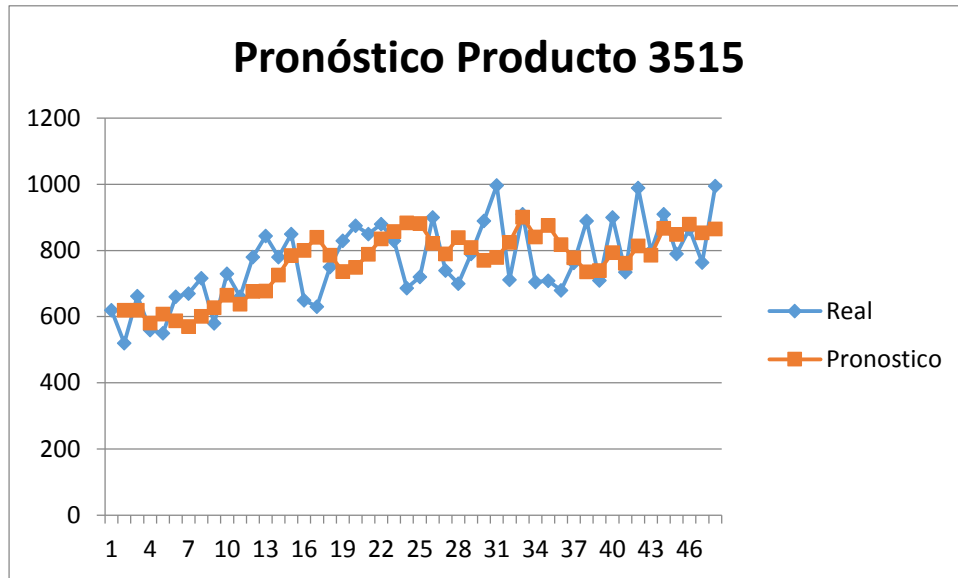
En el producto 3515 se utilizó un pronóstico de Suavizamiento exponencial doble



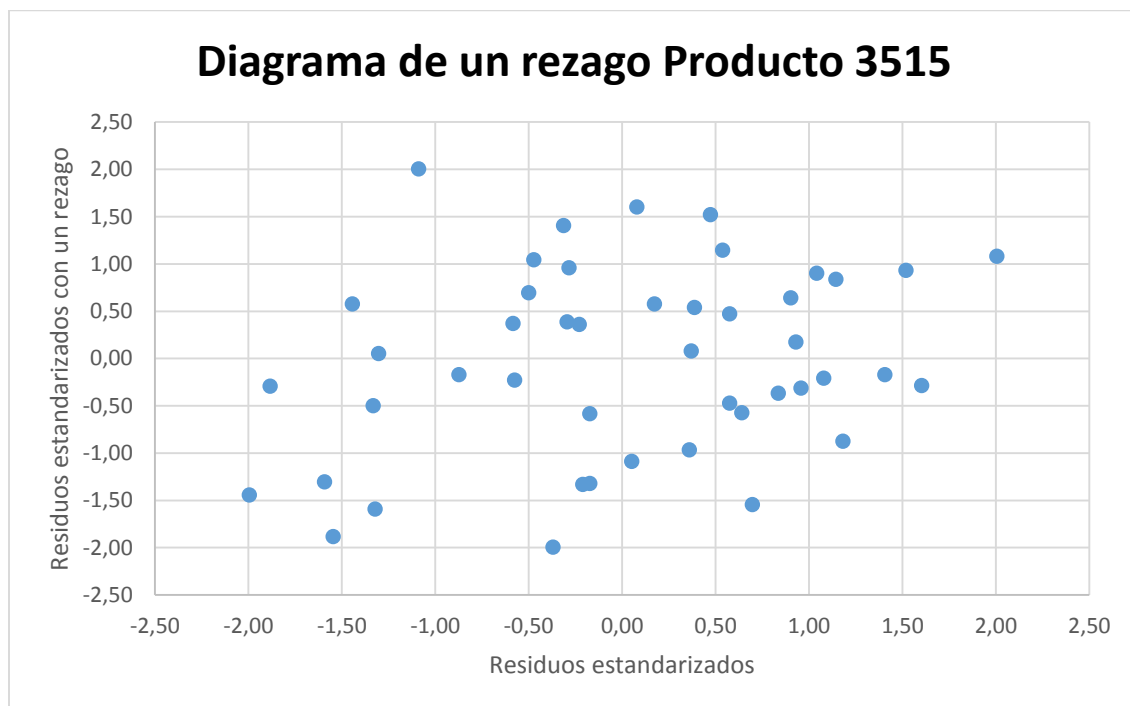
Gráfica 6.6 - Ventas Anuales Producto 3515
Fuente: Elaboración Propia



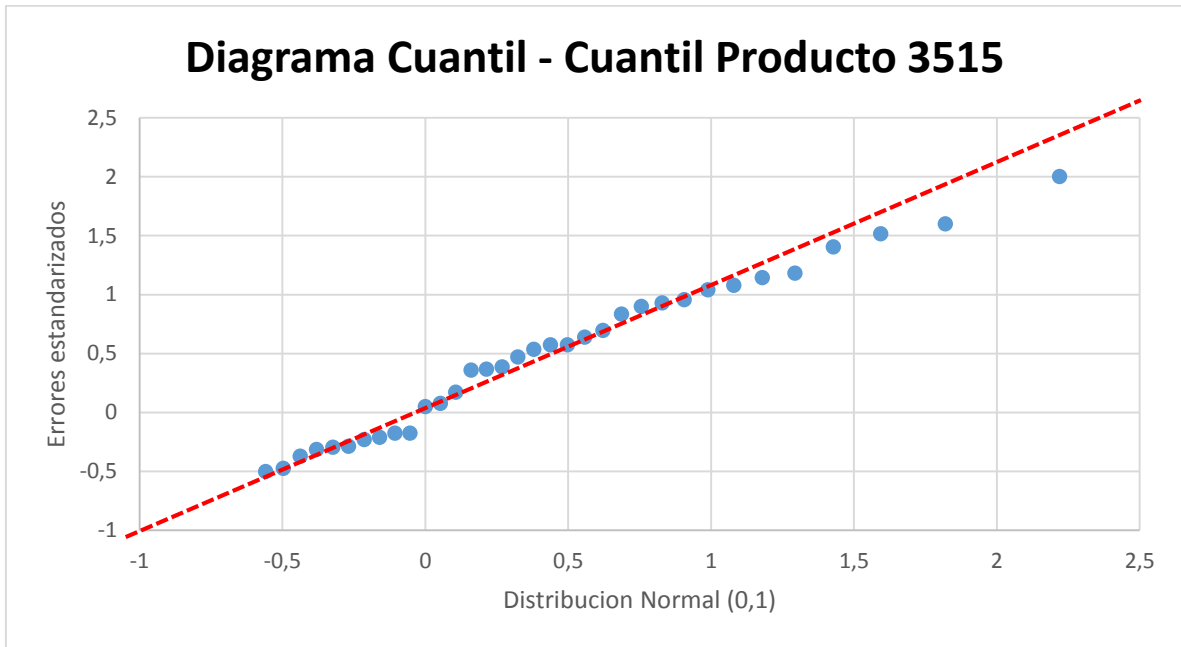
Gráfica 6.7 - Ventas Observadas Producto 3515
Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 6.8 - Pronóstico Pieza 3515
Fuente: Elaboración Propia

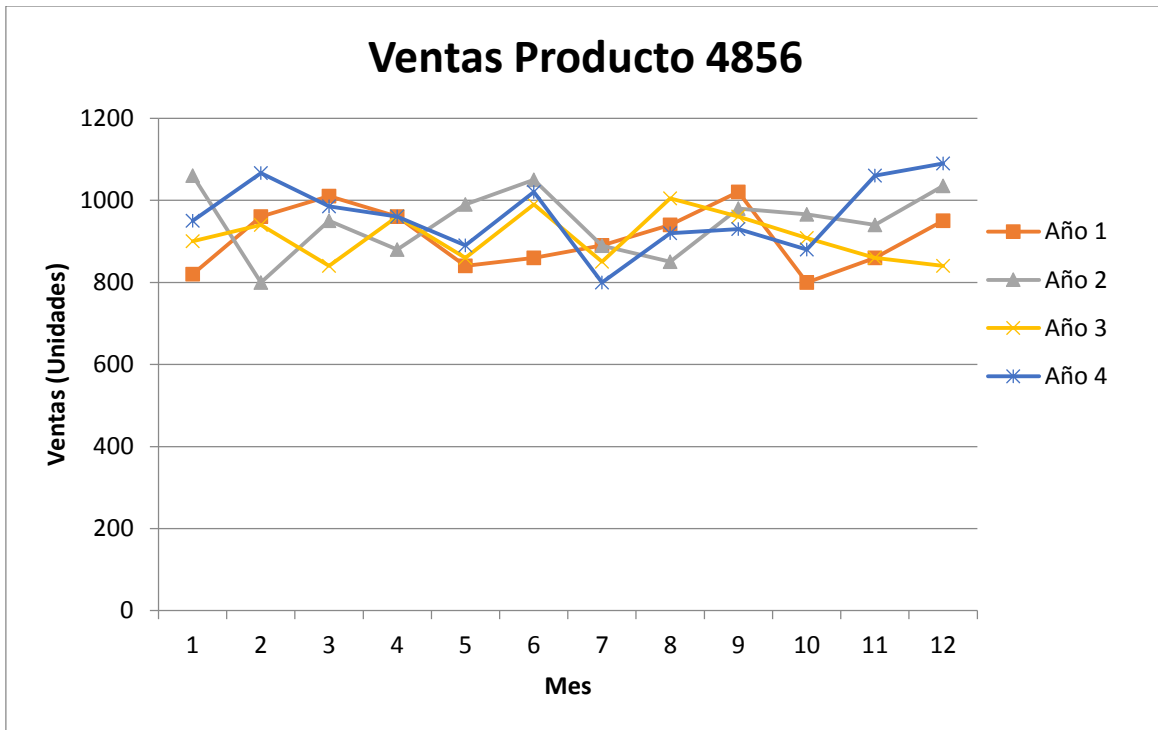


Gráfica 6.9 - Diagrama de un rezago producto 3515
Fuente: Elaboración Propia

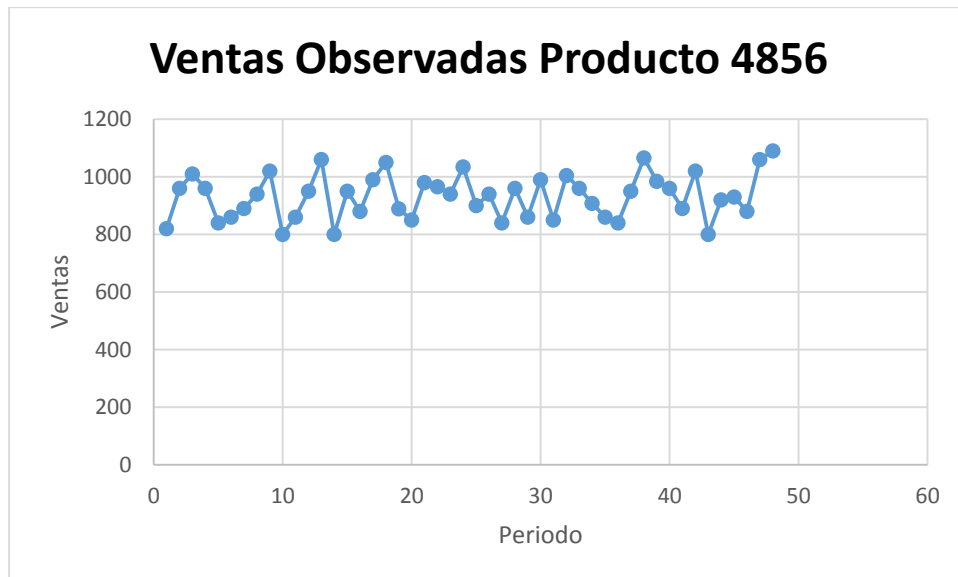


Gráfica 6.10 - Diagrama Cuantil-Cuantil Producto 3515
Fuente: Elaboración Propia

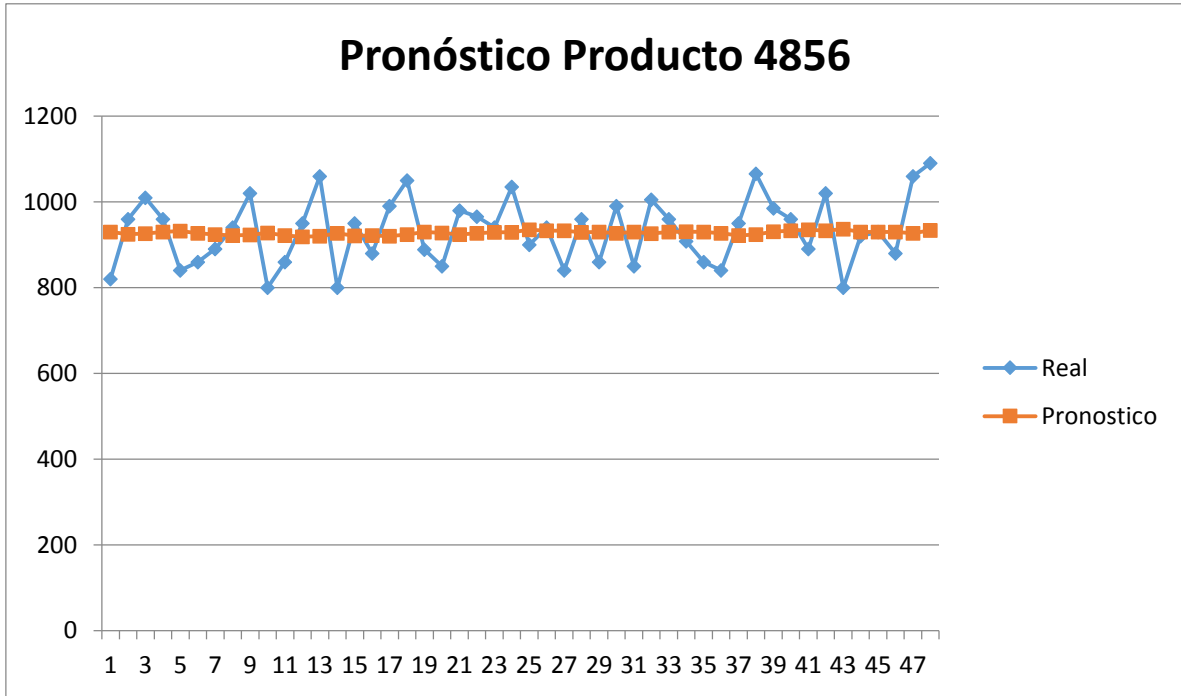
En el producto 4856 se utilizó un suavizamiento Exponencial



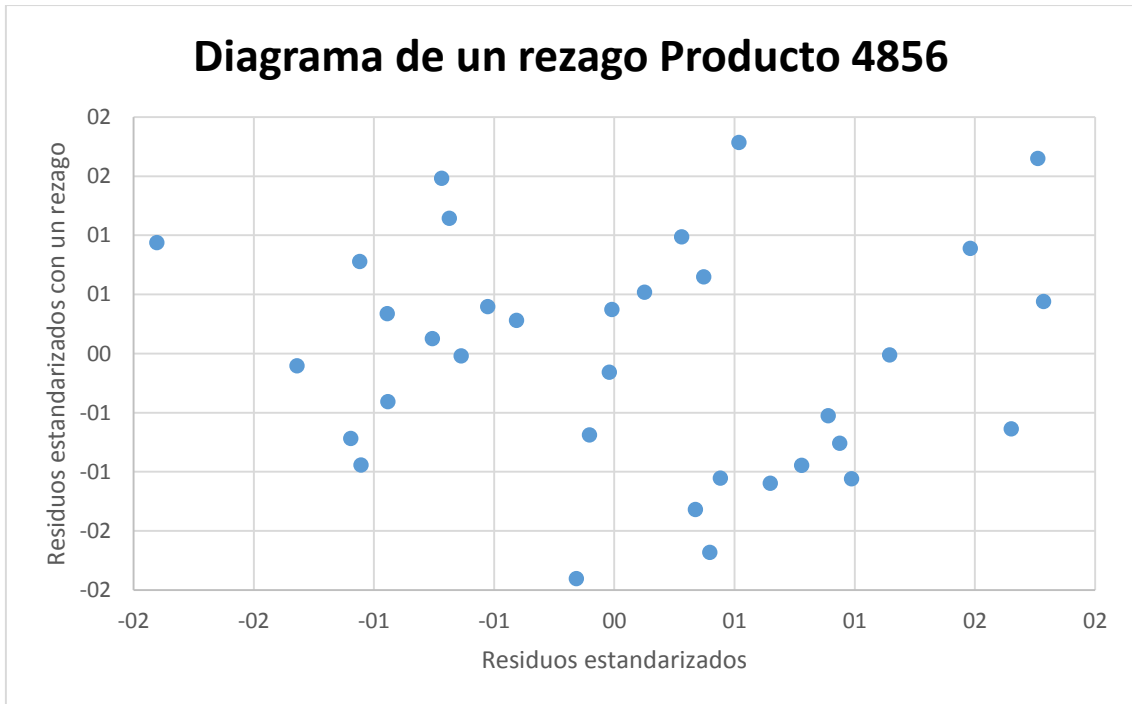
Gráfica 6.11 - Ventas Anuales Producto 4856
Fuente: Elaboración Propia



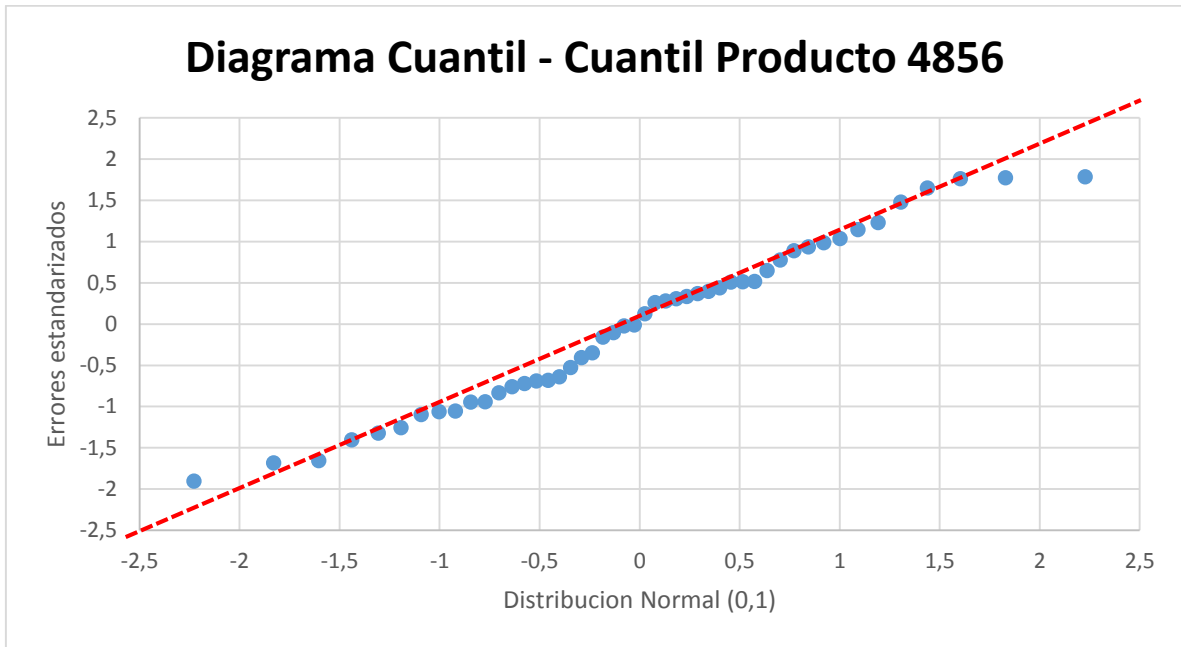
Gráfica 6.12 - Ventas Observadas Producto 4856 Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 6.13 - Pronóstico Producto 4856
Fuente: Elaboración Propia

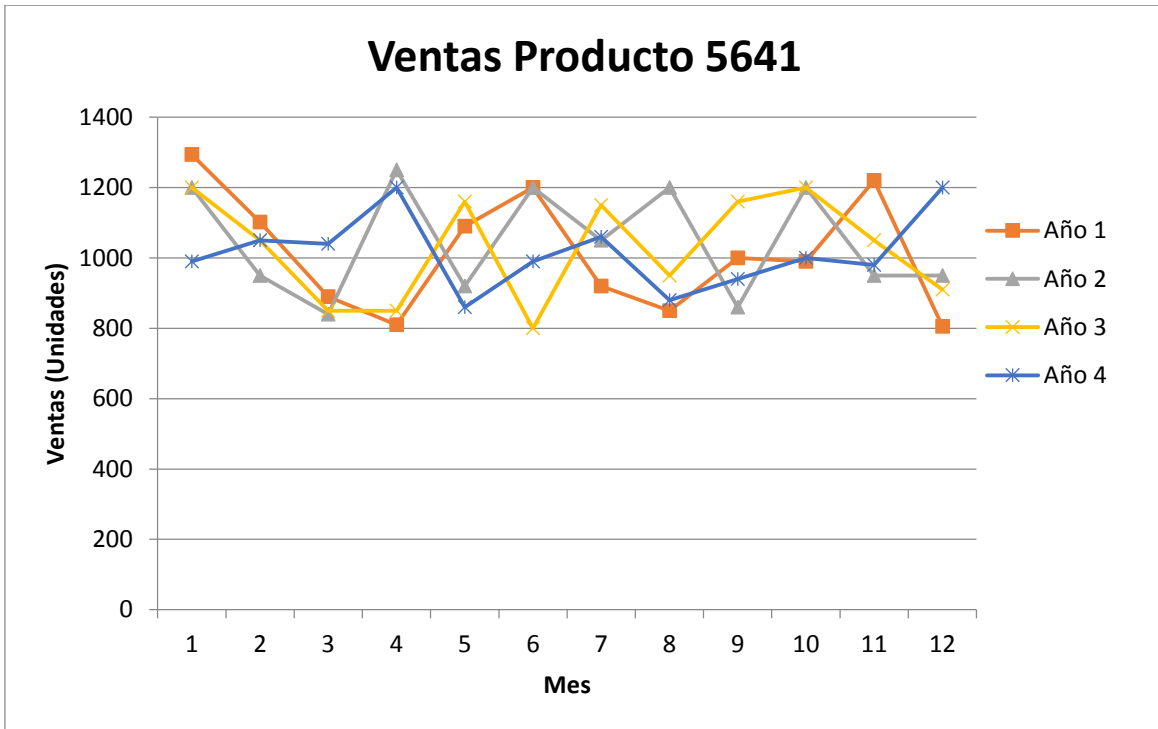


Gráfica 6.14 - Diagrama de un rezago Producto 4856
Fuente: Elaboración Propia

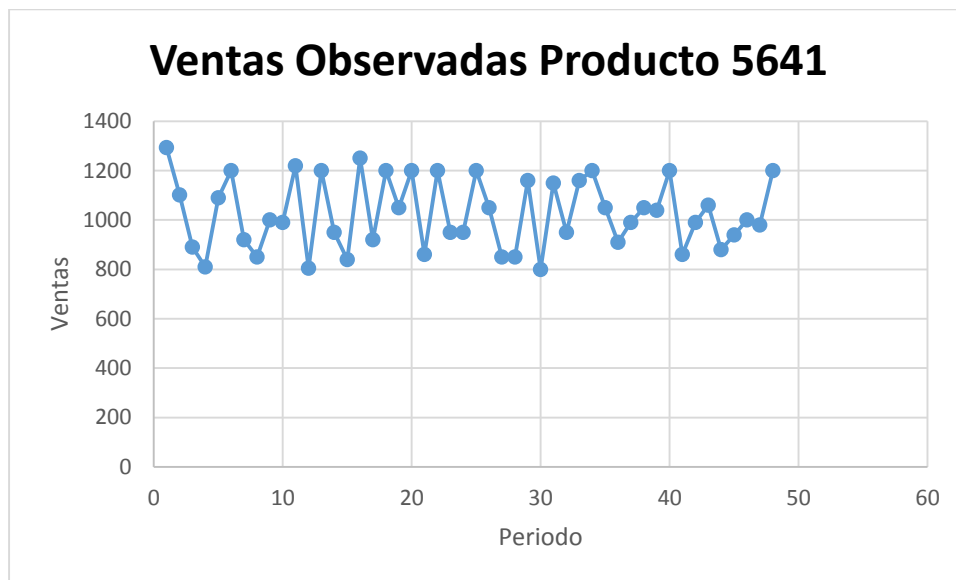


Gráfica 6.15 - Diagrama Cuantil-Cuantil Producto 4856
Fuente: Elaboración Propia

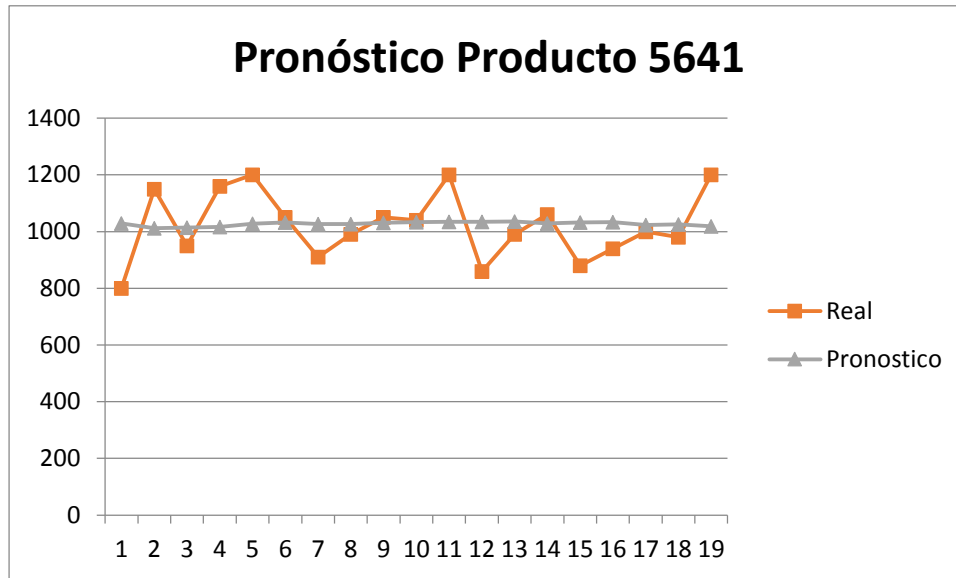
En el producto 5641 se utilizó un promedio móvil con K=29



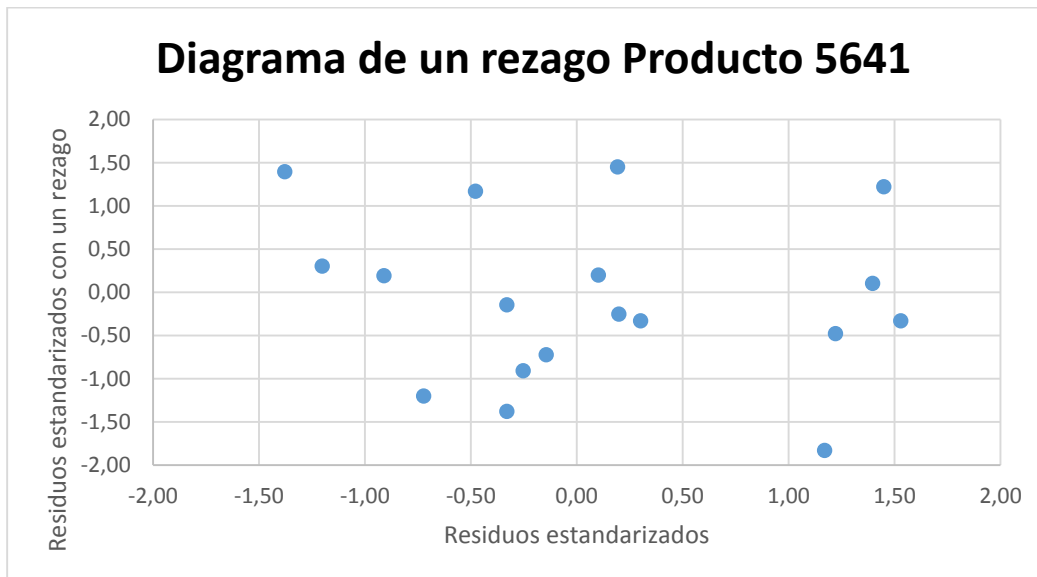
Gráfica 6.16 - Ventas Anuales Producto 5641
Fuente: Elaboración Propia



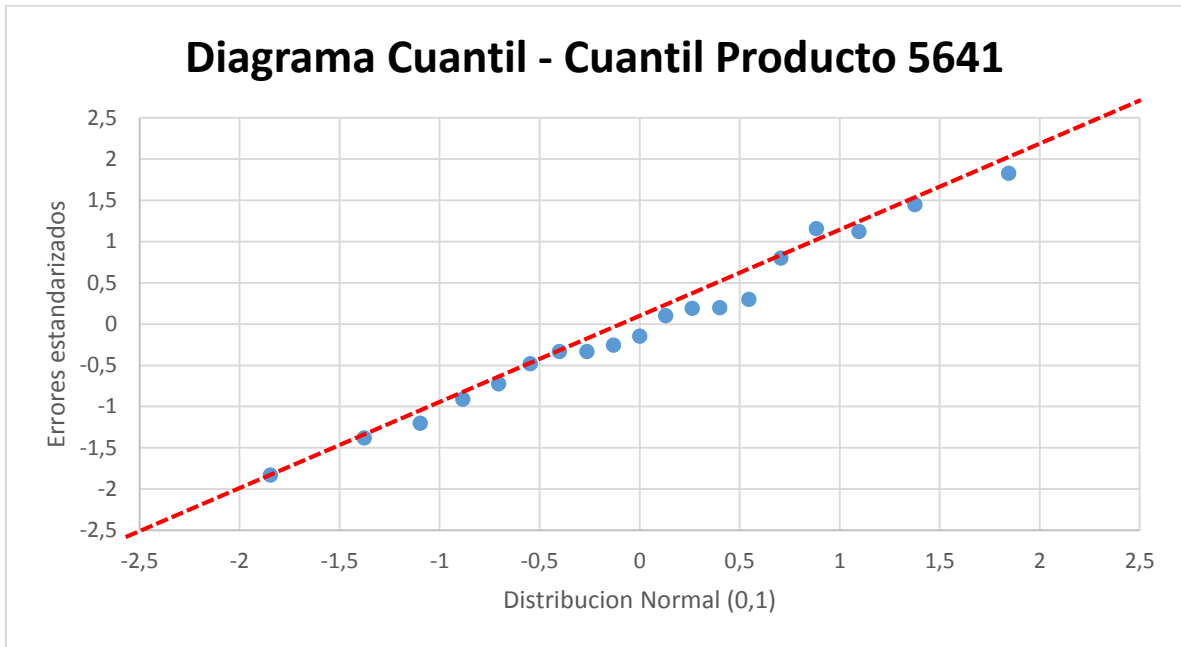
Gráfica 6.17 - Ventas Observadas Producto 5641
Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 6.18 - Pronóstico Producto 5641
Fuente: Elaboración Propia

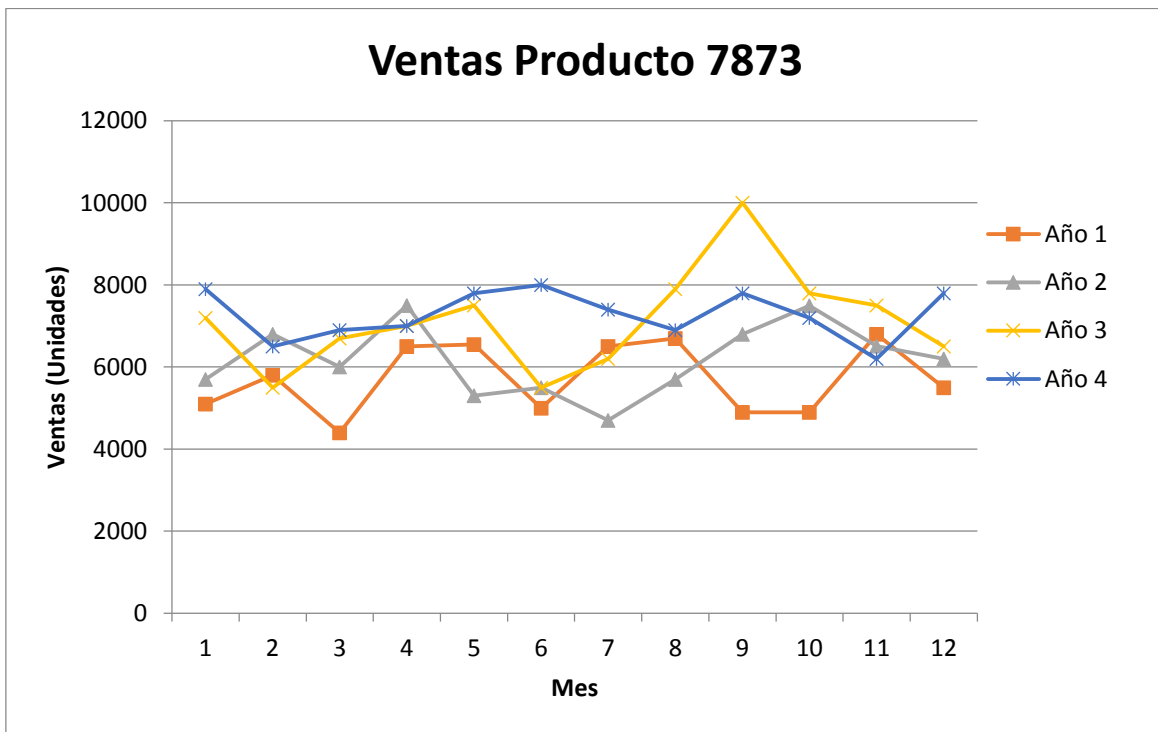


Gráfica 6.19 - Diagrama de un rezago Producto 5641
Fuente: Elaboración Propia

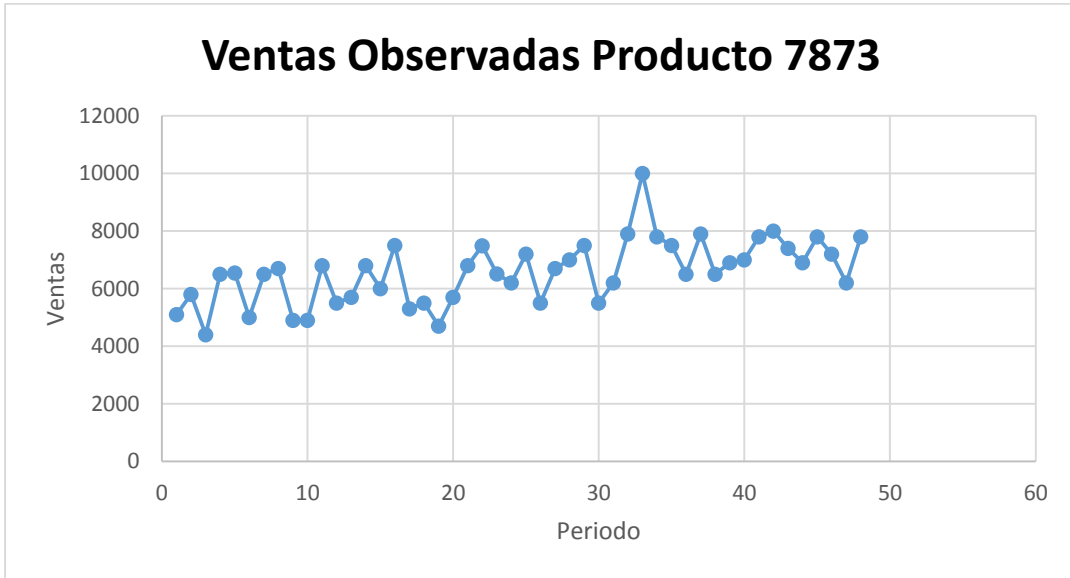


Gráfica 6.20 - Diagrama Cuantil-Cuantil Producto 5641
Fuente: Elaboración Propia

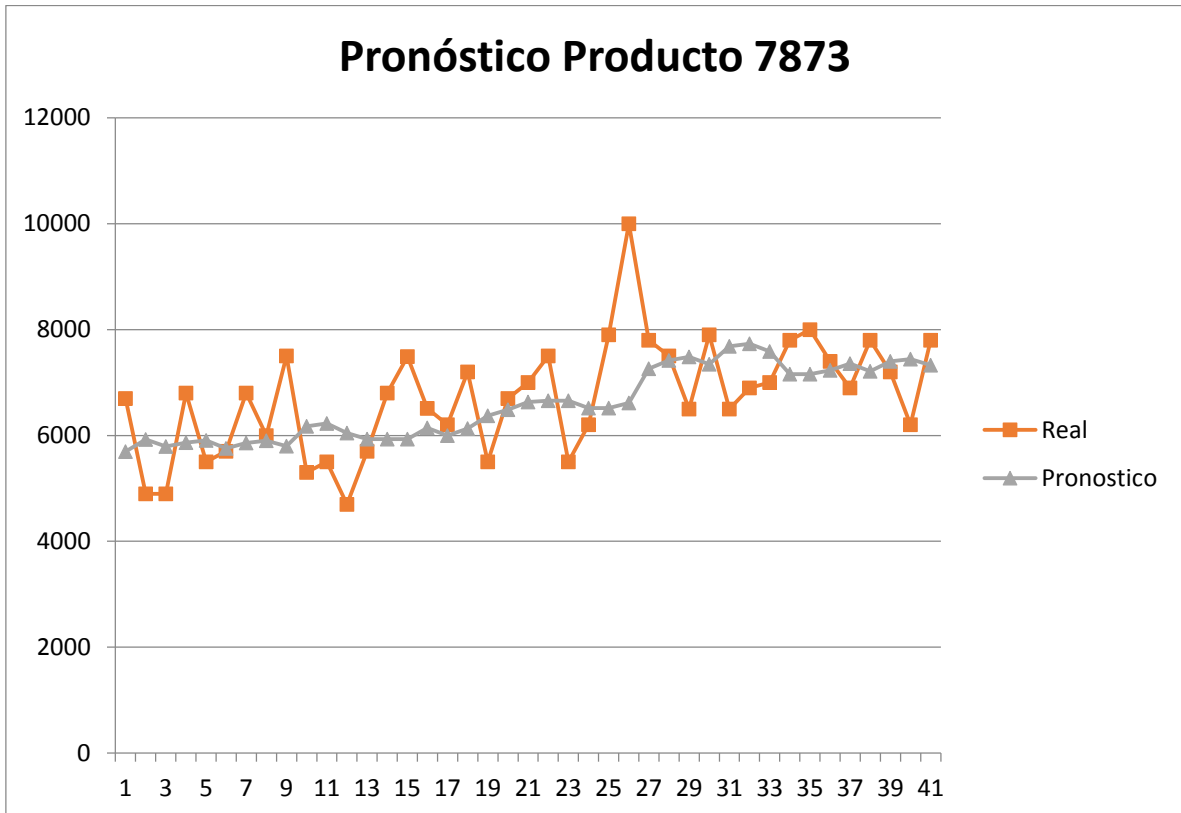
Para producto 7873 se utilizó un promedio Móvil con K=7



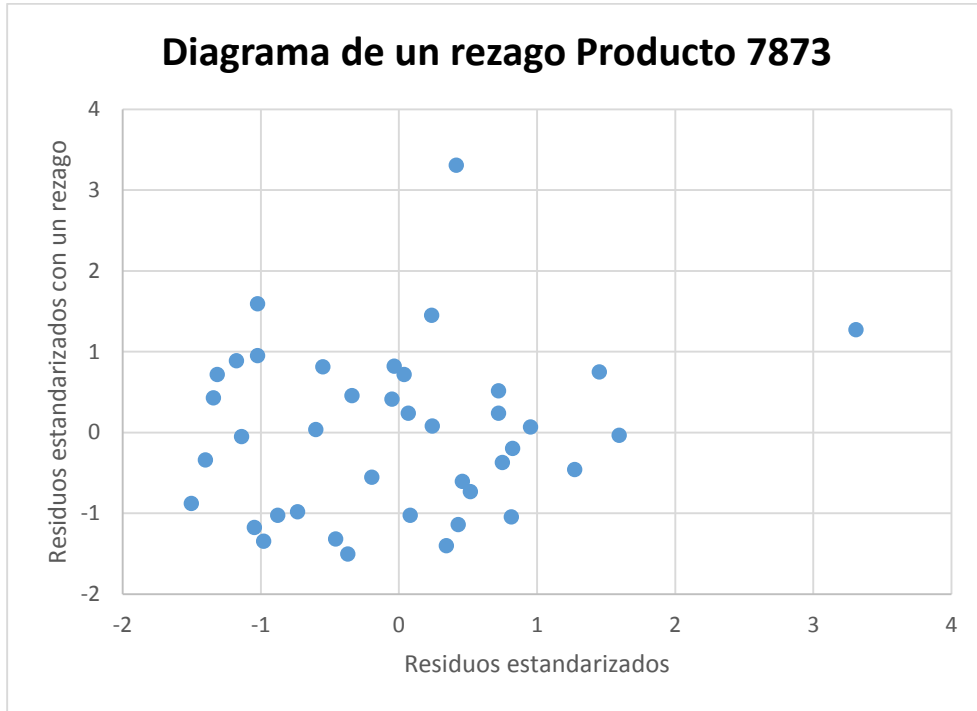
Gráfica 6.21 - Ventas Anuales Producto 7873
Fuente: Elaboración Propia



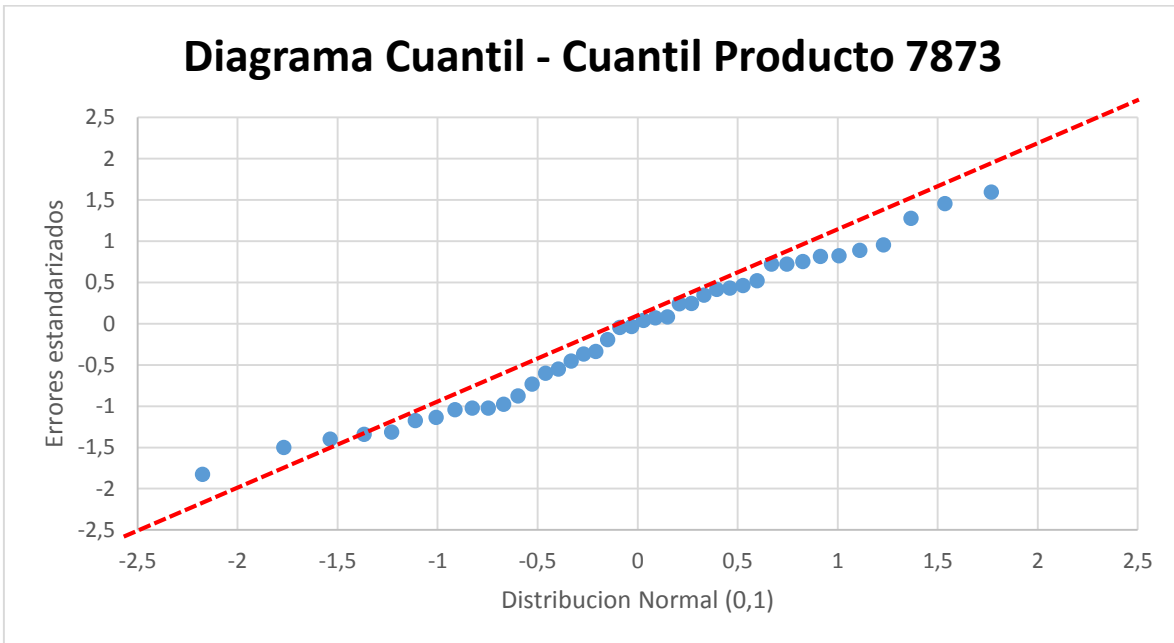
Gráfica 6.22 - Ventas Observadas Producto 7873
Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 6.23 -Pronóstico Producto 7873
Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 6.24 - Diagrama de un rezago Producto 7873
Fuente: Elaboración Propia



Gráfica 6.25 - Diagrama Cuantil-Cuantil Producto 7873
Fuente: Elaboración Propia

Anexo E: Tablas utilizadas en modelo generado.

Demanda	Detalle	Pieza	SEMANAS				Final MES
			1	2	3	4	
Lo que se Debe Producir	Demanda		2112	1280	1472	1536	6400
Insertar Inventario Final Periodo Anterior	PRODUCCION PARA EL PERIODO		0	6100	0	0	6100
	Inventario Periodo Anterior	104	3500	1388	6208	4736	3500
	INVENTARIO FINAL DE PERIODO		1388	6208	4736	3200	3200
	Demanda		200	263	273	315	1051
	PRODUCCION PARA EL PERIODO	3459	0	0	1010	0	1010
	Inventario Periodo Anterior		566	366	103	840	566
	INVENTARIO FINAL DE PERIODO		366	103	840	525	525
	Demanda		250	250	241	152	893
	PRODUCCION PARA EL PERIODO		0	944	0	0	944
	Inventario Periodo Anterior	3515	395	145	839	598	395
	INVENTARIO FINAL DE PERIODO		145	839	598	446	446
	Demanda		268	268	198	258	992
	PRODUCCION PARA EL PERIODO		0	105	952	0	1057
	Inventario Periodo Anterior	4856	431	163	0	754	431
	INVENTARIO FINAL DE PERIODO		163	0	754	496	496
	Demanda		176	192	208	224	800
	PRODUCCION PARA EL PERIODO		0	0	230	390	620
	Inventario Periodo Anterior	5641	580	404	212	234	580
	INVENTARIO FINAL DE PERIODO		404	212	234	400	400
	Demanda		180000	172500	247500	150000	750000
	PRODUCCION PARA EL PERIODO		372272	0	0	365228	737500
	Inventario Periodo Anterior	6359	387500	579772	407272	159772	387500
	INVENTARIO FINAL DE PERIODO		579772	407272	159772	375000	375000
	Demanda		1265	1540	1485	1210	5500
	PRODUCCION PARA EL PERIODO		0	4500	0	0	4500
	Inventario Periodo Anterior	7873	3750	2485	5445	3960	3750
	INVENTARIO FINAL DE PERIODO		2485	5445	3960	2750	2750

TABLAS Z PRODUCTOS PROCESADOS

Z		104			
Piezas Por Hora	Proceso	1	2	3	4
1070	8	6100	0	0	0
3060	17	6100	0	0	0
3060	1	6100	0	0	0
310	17	0	6100	0	0
500	17	0	6100	0	0

Z		4856			
---	--	------	--	--	--

Piezas Por Hora		Proceso			
		1	2	3	4
168	6	105	952	0	0
672	10	105	952	0	0
159	2	105	952	0	0
672	11	105	952	0	0
284	9	105	952	0	0
650	14	105	0	952	0
650	17	0	105	952	0

Z		7873			
Piezas Por Hora	Proceso	1	2	3	4
443	6	4500	0	0	0
750	14	0	4500	0	0
650	17	0	4500	0	0
650	17	0	4500	0	0

Z		3459			
Piezas Por Hora	Proceso	1	2	3	4
268	6	1010	0	0	0
1072	10	0	1010	0	0
159	2	0	1010	0	0
1072	11	0	1010	0	0
284	9	0	1010	0	0
5000	14	0	0	1010	0
3500	17	0	0	1010	0

Z		5641			
---	--	------	--	--	--

Piezas Por Hora		Proceso			
		1	2	3	4
283	4	0	621	0	0
1700	7	0	621	0	0
850	14	0	621	0	0
425	18	0	621	0	0
212	13	0	230	391	0
850	15	0	230	0	391
212	1	0	230	0	391
425	17	0	0	230	391
1050	17	0	0	230	390

Z		3515			
Piezas Por Hora	Procesos	1	2	3	4
280	2	944	0	0	0
153	5	944	0	0	0
612	10	944	0	0	0
100	3	944	0	0	0
612	11	0	944	0	0
64	9	0	944	0	0
1300	14	0	944	0	0
1300	17	0	944	0	0

Z		6359			
Piezas Por Hora	Procesos	1	2	3	4
10000	17	372272	0	1	365227
9180	1	372272	0	0	365228
12000	17	372272	0	0	365228

TABLAS PENDIENTES, PRODUCTOS PENDIENTES AL FINAL DEL PERIODO

PEN	104			
Proceso Pendiente	1	2	3	4
17	0	0	0	0
1	0	0	0	0
17	6100	0	0	0
17	0	0	0	0

PEN	4856			
Proceso Pendiente	1	2	3	4
10	0	0	0	0
2	0	0	0	0
11	0	0	0	0
9	0	0	0	0
14	0	952	0	0
17	105	0	0	0

PEN	7873			
Proceso Pendiente	1	2	3	4
14	4500	0	0	0
17	0	0	0	0
17	0	0	0	0

PEN	7873			
Proceso Pendiente	1	2	3	4
14	4500	0	0	0
17	0	0	0	0
17	0	0	0	0

PEN	3459			
Proceso Pendiente	1	2	3	4
10	1010	0	0	0
2	0	0	0	0
11	0	0	0	0
9	0	0	0	0
14	0	1010	0	0
17	0	0	0	0

PEN	5641			
Proceso Pendiente	1	2	3	4
7	0	0	0	0
14	0	0	0	0
18	0	0	0	0
13	0	391	0	0
15	0	0	391	0
1	0	0	0	0
17	0	230	0	0
17	0	0	0	1

PEN	5641			
Proceso Pendiente	1	2	3	4
7	0	0	0	0
14	0	0	0	0
18	0	0	0	0
13	0	391	0	0
15	0	0	391	0
1	0	0	0	0
17	0	230	0	0
17	0	0	0	1

PEN	3515			
Proceso Pendiente	1	2	3	4
5	0	0	0	0
10	0	0	0	0
3	0	0	0	0
11	944	0	0	0
9	0	0	0	0
14	0	0	0	0
17	0	0	0	0

PEN	6359			
Proceso Pendiente	1	2	3	4
1	0	0	1	0
17	0	0	0	0

Capacidades Maquinas total						
MAQUINA	PROCESOS	SEMANA				MAXIMO DE HORAS SEMANALES
		1	2	3	4	
Prensa	1, 18	42,55	1,08	0,00	41,63	72
Sierra	2, 3, 4	13,47	14,53	0,00	0,00	36
Dobladora	5	6,17	0,00	0,00	0,00	18
Dobladora y Cortadora	6	14,55	5,67	0,00	0,00	18
Torno	7	0,00	0,37	0,00	0,00	54
Inyectora	8	5,70	0,00	0,00	0,00	36
Expansora	9	0,37	21,66	0,00	0,00	36
Pulidora	10,11, 12	1,85	6,26	0,00	0,00	18
Reductora	13	0,00	1,08	1,84	0,00	18
Lavadora	14,15, 16	0,16	7,73	1,67	0,46	36
Trabajo Manual	17	68,25	46,61	2,51	68,25	68,25

Anexo F: Producción Semanal

DEMANDA MES DE AGOSTO 2013													
Producto	Demanda Total	Semana 1	Producción	Final Periodo	Semana 2	Producción	Final Periodo	Semana 3	Producción	Final Periodo	Semana 4	Producción	Final Periodo
104	6.500	2080	2125	6745	1105	2125	7765	1430	2125	8460	1885	2125	8700
3459	1.207	241	200	-328	314	420	-222	326	300	-248	326	360	-214
3515	700	196	130	224	179	90	135	196	150	89	130	151	110
4856	960	259	210	-456	250	300	-406	240	150	-496	211	290	-417
5641	850	179	250	-219	247	280	-186	187	200	-173	238	250	-160
6359	700.000	175000	250000	425000	182000	250000	493000	203000	250000	540000	140000	250000	650000
7873	7.000	1680	1400	820	1820	1400	400	1680	1250	-30	1820	1550	-300

DEMANDA MES DE SEPTIEMBRE 2013													
Producto	Demanda Total	Semana 1	Producción	Final Periodo	Semana 2	Producción	Final Periodo	Semana 3	Producción	Final Periodo	Semana 4	Producción	Final Periodo
104	7.000	2100	2500	9100	1470	2600	10230	1470	2900	11660	1960	2500	12200
3459	1.130	249	360	-103	328	320	-110	283	360	-33	271	360	56
3515	790	229	180	61	174	150	37	229	140	-52	158	180	-30
4856	860	224	290	-351	224	300	-274	232	320	-186	181	290	-77
5641	1.160	267	360	-67	290	330	-27	255	320	38	348	270	-40
6359	775.000	209250	187500	628250	201500	187500	614250	240250	187500	561500	124000	187500	625000
7873	7.500	1650	1900	-50	2175	1850	-375	1950	1890	-435	1725	1860	-300

DEMANDA MES DE OCTUBRE 2013													
Producto	Demanda Total	Semana 1	Producción	Final Periodo	Semana 2	Producción	Final Periodo	Semana 3	Producción	Final Periodo	Semana 4	Producción	Final Periodo
104	6.400	2112	1600	11688	1280	1400	11808	1472	1800	12136	1536	1600	12200
3459	1.050	200	160	17	263	210	-36	273	210	-99	315	180	-234
3515	890	249	238	-41	249	250	-40	240	200	-81	151	262	30
4856	990	267	190	-154	267	160	-262	198	200	-260	257	170	-347
5641	800	176	190	-26	192	200	-18	208	220	-6	224	190	-40
6359	750.000	180000	212500	657500	172500	212500	697500	247500	212500	662500	150000	212500	725000
7873	5.500	1265	1750	185	1540	1650	295	1485	1800	610	1210	1600	1000

Anexo G: Resultados Modelo

Detalle	Pieza	SEMANAS				Final MES
		1	2	3	4	
Demanda		2080	1105	1430	1885	6500
PRODUCCION PARA EL PERIODO	104	0	3050	0	0	3050
Inventario Periodo Anterior		6700	4620	6565	5135	6700
INVENTARIO FINAL DE PERIODO		4620	6565	5135	3250	3250
Demanda		241	314	326	326	1207
PRODUCCION PARA EL PERIODO	3459	528	314	327	928	2097
Inventario Periodo Anterior		-287	0	0	1	-287
INVENTARIO FINAL DE PERIODO		0	0	1	603	603
Demanda		196	179	196	130	701
PRODUCCION PARA EL PERIODO	3515	0	85	676	0	761
Inventario Periodo Anterior		290	94	0	480	290
INVENTARIO FINAL DE PERIODO		94	0	480	350	350
Demanda		259	250	240	211	960
PRODUCCION PARA EL PERIODO	4856	666	250	931	0	1847
Inventario Periodo Anterior		-407	0	0	691	-407
INVENTARIO FINAL DE PERIODO		0	0	691	480	480
Demanda		179	247	187	238	851
PRODUCCION PARA EL PERIODO	5641	716	0	850	0	1566
Inventario Periodo Anterior		-290	247	0	663	-290
INVENTARIO FINAL DE PERIODO		247	0	663	425	425
Demanda		175000	182000	203000	140000	700000
PRODUCCION PARA EL PERIODO	6359	329175	0	0	370825	700000
Inventario Periodo Anterior		350000	504175	322175	119175	350000
INVENTARIO FINAL DE PERIODO		504175	322175	119175	350000	350000
Demanda		1680	1820	1680	1820	7000
PRODUCCION PARA EL PERIODO	7873	580	1820	7000	0	9400
Inventario Periodo Anterior		1100	0	0	5320	1100
INVENTARIO FINAL DE PERIODO		0	0	5320	3500	3500

AGOSTO

Capacidades Maquinas total						
MAQUINA	PROCESOS	SEMANA				MAXIMO DE HORAS SEMANALES
		1	2	3	4	
Prensa	1, 18	40,23	0,00	4,01	40,39	72
Sierra	2, 3, 4	31,90	0,00	2,93	5,84	36
Dobladora	5	4,97	0,00	0,00	0,00	18
Dobladora y Cortadora	6	18,00	15,80	2,77	3,47	18
Torno	7	0,42	0,50	0,00	0,00	54
Inyectora	8	2,85	0,00	0,00	0,00	36
Expansora	9	6,46	14,41	1,64	3,27	36
Pulidora	10,11, 12	7,53	1,24	1,39	1,73	18
Reductora	13	3,38	0,00	4,01	0,00	18
Lavadora	14,15, 16	3,59	3,00	13,29	0,19	36
Trabajo Manual	17	65,68	22,08	26,39	68,25	68,25

Detalle	Pieza	SEMANAS				Final MES
		1	2	3	4	
Demanda		2100	1470	1470	1960	7000
PRODUCCION PARA EL PERIODO	104	0	7250	0	0	7250
Inventario Periodo Anterior		3250	1150	6930	5460	3250
INVENTARIO FINAL DE PERIODO		1150	6930	5460	3500	3500
Demanda		249	328	283	272	1132
PRODUCCION PARA EL PERIODO	3459	0	0	1095	0	1095
Inventario Periodo Anterior		603	354	26	838	603
INVENTARIO FINAL DE PERIODO		354	26	838	566	566
Demanda		229	174	230	158	791
PRODUCCION PARA EL PERIODO	3515	0	836	0	0	836
Inventario Periodo Anterior		350	121	783	553	350
INVENTARIO FINAL DE PERIODO		121	783	553	395	395
Demanda		224	224	233	181	862
PRODUCCION PARA EL PERIODO	4856	0	0	813	0	813
Inventario Periodo Anterior		480	256	32	612	480
INVENTARIO FINAL DE PERIODO		256	32	612	431	431
Demanda		267	290	256	348	1161
PRODUCCION PARA EL PERIODO	5641	132	0	1184	0	1316
Inventario Periodo Anterior		425	290	0	928	425
INVENTARIO FINAL DE PERIODO		290	0	928	580	580
Demanda		209250	201500	240250	124000	775000
PRODUCCION PARA EL PERIODO	6359	369892	0	70336	372272	812500
Inventario Periodo Anterior		350000	510642	309142	139228	350000
INVENTARIO FINAL DE PERIODO		510642	309142	139228	387500	387500
Demanda		1650	2175	1950	1725	7500
PRODUCCION PARA EL PERIODO	7873	0	6996	754	0	7750
Inventario Periodo Anterior		3500	1850	6671	5475	3500
INVENTARIO FINAL DE PERIODO		1850	6671	5475	3750	3750

Septiembre

Capacidades Maquinas total						
MAQUINA	PROCESOS	SEMANA				MAXIMO DE HORAS SEMANALES
		1	2	3	4	
Prensa	1, 18	43,29	13,25	0,00	40,55	72
Sierra	2, 3, 4	11,81	16,18	0,00	0,00	36
Dobladora	5	5,46	0,00	0,00	0,00	18
Dobladora y Cortadora	6	18,00	8,42	0,00	0,00	18
Torno	7	0,08	0,70	0,00	0,00	54
Inyectora	8	6,78	0,00	0,00	0,00	36
Expansora	9	0,00	19,78	0,00	0,00	36
Pulidora	10,11, 12	1,37	5,83	0,00	0,00	18
Reductora	13	0,62	5,58	0,00	0,00	18
Lavadora	14,15, 16	0,31	13,76	1,47	0,00	36
Trabajo Manual	17	68,25	68,25	12,50	68,25	68,25

Detalle	Pieza	SEMANAS				Final MES
		1	2	3	4	
Demanda	104	2112	1280	1472	1536	6400
PRODUCCION PARA EL PERIODO		0	6100	0	0	6100
Inventario Periodo Anterior		3500	1388	6208	4736	3500
INVENTARIO FINAL DE PERIODO		1388	6208	4736	3200	3200
Demanda	3459	200	263	273	315	1051
PRODUCCION PARA EL PERIODO		0	0	1010	0	1010
Inventario Periodo Anterior		566	366	103	840	566
INVENTARIO FINAL DE PERIODO		366	103	840	525	525
Demanda	3515	250	250	241	152	893
PRODUCCION PARA EL PERIODO		0	944	0	0	944
Inventario Periodo Anterior		395	145	839	598	395
INVENTARIO FINAL DE PERIODO		145	839	598	446	446
Demanda	4856	268	268	198	258	992
PRODUCCION PARA EL PERIODO		0	105	952	0	1057
Inventario Periodo Anterior		431	163	0	754	431
INVENTARIO FINAL DE PERIODO		163	0	754	496	496
Demanda	5641	176	192	208	224	800
PRODUCCION PARA EL PERIODO		0	0	230	390	620
Inventario Periodo Anterior		580	404	212	234	580
INVENTARIO FINAL DE PERIODO		404	212	234	400	400
Demanda	6359	180000	172500	247500	150000	750000
PRODUCCION PARA EL PERIODO		372272	0	0	365228	737500
Inventario Periodo Anterior		387500	579772	407272	159772	387500
INVENTARIO FINAL DE PERIODO		579772	407272	159772	375000	375000
Demanda	7873	1265	1540	1485	1210	5500
PRODUCCION PARA EL PERIODO		0	4500	0	0	4500
Inventario Periodo Anterior		3750	2485	5445	3960	3750
INVENTARIO FINAL DE PERIODO		2485	5445	3960	2750	2750

Octubre

Capacidades Maquinas total						
MAQUINA	PROCESOS	SEMANA				MAXIMO DE HORAS SEMANALES
		1	2	3	4	
Prensa	1, 18	42,55	1,08	0,00	41,63	72
Sierra	2, 3, 4	13,47	14,53	0,00	0,00	36
Dobladora	5	6,17	0,00	0,00	0,00	18
Dobladora y Cortadora	6	14,55	5,67	0,00	0,00	18
Torno	7	0,00	0,37	0,00	0,00	54
Inyectora	8	5,70	0,00	0,00	0,00	36
Expansora	9	0,37	21,66	0,00	0,00	36
Pulidora	10,11, 12	1,85	6,26	0,00	0,00	18
Reductora	13	0,00	1,08	1,84	0,00	18
Lavadora	14,15, 16	0,16	7,73	1,67	0,46	36
Trabajo Manual	17	68,25	46,61	2,51	68,25	68,25