

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Análisis y Diseño de un Sistema de Programación y Control de la
Producción e Inventarios de un ambiente de manufactura de
máquinas en paralelo de la industria plástica”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Presentada por:

Fabricio Gustavo Torres Córdova

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2005

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de este trabajo y especialmente en el Ing. Juan Cajas Director de Tesis, por su invaluable ayuda.

DEDICATORIA

A mis padres por su comprensión, cariño y afecto en todo momento de mi vida.

A mi hermana por ser el motivo de inspiración en nuestro hogar.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Marcos Tapia Q.
DELEGADO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Juan Cajas M.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Andres Rigail.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

~~Fabrizio Gustavo Torres Córdova~~

RESUMEN

La presente tesis pertenece al área de la Administración de Producción - Operaciones, básicamente en lo que respecta a la planificación, programación, control de la producción y gestión del inventario.

Debido al gran crecimiento de la demanda, al ingreso de nuevos productos, y no poseer un sistema integrado, la planificación de la producción tiene un manejo complicado. Actualmente, la programación se la realiza utilizando una hoja de cálculo, en conjunto con información de un sistema básico de control de la producción (inventarios), y datos externos al mismo como es el plan comercial.

El proceso de planificación se lo considera en general eficaz, mas no eficiente debido a que para planificar las cantidades de producción se realizan una serie de actividades innecesarias que ocasiona que la operación sea lenta. Por otro lado, en la ejecución del plan existen una serie de inconvenientes que confirman ineficiencias del mismo, entre los más importantes tenemos tiempo de cobertura del inventario con respecto a las ventas promedio diario de 60 días, tiempos de flujos de producción altos especialmente de los productos de ensamble con un promedio de 10 a 15 días.

Por esta razón la presente tesis tiene como objetivo realizar un Análisis y Diseño de un Sistema de Programación y Control de la Producción e Inventarios de un ambiente de manufactura de máquinas en paralelo de la industria plástica.

Para el cumplimiento de nuestros objetivos se ha establecido como metodología, realizar un levantamiento de información sobre la situación actual del área de inyección, como son sus procesos, línea de productos, objetivos y restricciones que tenga la compañía en el sistema de planeación y administración de inventarios. Luego realizar un análisis de las restricciones y necesidades que tiene la compañía, la cual, nos van a dar la pauta para la presentación de los modelamientos de los sistemas de producción e inventarios que mejor se acoplen a los requerimientos de la compañía, y finalmente efectuar una simulación del sistema propuesto utilizando el programa ARENA, en conjunto con el análisis de los resultados.

Con el desarrollo de la tesis se espera obtener como resultados lo siguiente:

- Optimización en la utilización de las máquinas
- Reducción del tiempo de la cobertura de los inventarios VS ventas promedio
- Disminución de los tiempos de flujos de fabricación de los productos.

- Optimización del proceso de planificación de la producción

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
INDICE GENERAL.....	III

ABREVIATURAS.....	IV
SIMBOLOGIA.....	V
INDICE DE FIGURAS	VI
INDICE DE TABLAS.....	VII
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPITULO 1

1. ANTECEDENTES DEL NEGOCIO Y ALCANCE DEL ESTUDIO

1.1 Descripción de productos, demandas e indicadores de producción e inventarios.....	3
1.2 Descripción de los procesos operativos y administrativos.....	10
1.3 Descripción de restricciones y objetivos del sistema de planeación de producción e inventarios.	16
1.4 Marco teórico y conceptual para los problemas de planificación, programación de producción y administración de inventarios.....	18

CAPITULO 2

2. ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA

2.1 Análisis de demandas y pronósticos de ventas.....	29
2.2 Análisis de capacidad y estándares de producción.....	39
2.3 Modelamiento del sistema de administración de inventarios.....	42
2.4 Modelamiento del sistema de planificación y programación de la	

producción.....	49
2.5 Diseño del sistema integrado de planificación y control de la producción e inventarios.....	56

CAPITULO 3

3. VALIDACION DEL MODELO PROPUESTO Y SUS EXTENSIONES

3.1 Determinación de índices de rendimiento del sistema.....	59
3.2 Simulación con Arena del sistema propuesto.....	61
3.3 Análisis de resultados de la simulación.....	68
3.4 Pautas para la sistematización futura del sistema, criterios para el desarrollo o selección de software.....	74

CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....87

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

E.V.A	Etilo Vinil Acetato
PP	Polipropileno
PE	Polietileno
Prod. VS. Prog	Producido dentro del programa
PT	Producto Terminado
WIP	Work in Process
Ton.	Toneladas

SIMBOLOGIA

$N(\mu \sigma)$	Distribución normal con media μ y desviación σ
n	Tamaño de la muestra
α :	Probabilidad de error
$D\alpha$	Valores de cuantiles de la distribución de la estadística Dn de Kolgomorv-Smirnov
Q^* :	Cantidad Óptima de pedido
D :	Demanda de artículos por unidad de tiempo
C :	Valor del Articulo
I :	Costo por manejo del inventario
S	Costo por procesamiento de pedido
p :	Tasa de producción diaria
d .	Tasa de demanda diaria.
TE :	Tiempo total de reaprovisionamiento
P :	Probabilidad de existencias durante el tiempo de entrega
Sd	Error estándar de pronóstico

S'd:	Variación de las distribuciones.
x	Tiempo total de producción del lote
CT	Costo Total anual.
$t_{n-1,1-\alpha/2}$	Punto crítico de la Distribución T students con n-1 grados de libertad.
\bar{X}	Media de la muestra n
s	Desviación estándar de la muestra n

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1	Porcentaje promedio anual de ventas.....6
Figura 1.2	Diagrama de flujo del proceso de fabricación..... 15
Figura 1.3	Representación gráfica del flujo de producción Por Procesos (Job Shop)..... 19
Figura 1.4	Representación gráfica del proceso de sistemas de ensamble flexible (Flow Shop).....21
Figura 2.1	Prueba de Normalidad K-S Silla Perugia.....33
Figura 2.2	Prueba de Normalidad K-S Silla Marsella.....34
Figura 2.3	Prueba de Normalidad K-S Repostero Cuadrado.....35
Figura 2.4	Prueba de Normalidad K-S Pomo Pica.....36
Figura 2.5	Prueba de Normalidad K-S Embudo Chico.....37
Figura 2.6	Prueba de Normalidad K-S Lavacara 32cm.....38
Figura 2.7	Comparación de la Capacidad de Producción VS Demanda (Ene05 – Jun05).....40
Figura 2.8	Control de Inventarios del punto de reorden bajo incertidumbre para un artículo.....45
Figura 2.9	Programación de la producción por lotes para varios ítems.... 52

Figura 3.1	Gráfico del modelo del inventario propuesto.....	69
Figura 3.2	Matriz de calificación.....	78

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1	Tipos de indicadores de Gestión.....8
Tabla 2	Porcentaje de artículos fabricados por zona.....11
Tabla 3	Porcentajes relativos de los elementos de costo en los costos de mantener inventarios.....47
Tabla 4	Clasificación de los colores que se utilizan en la fabricación de los artículos.....55
Tabla 5	Tiempos incurridos por Cambio de Color.....67
Tabla 6	Tiempo total de set up por secuencia.....68
Tabla 7	Resultados de la Corrida de Simulación.....71
Tabla 8	Resultados de la Corrida de Simulación.....73
Tabla 9	Resultados de la Evaluación del Sistema de Inventario.....88
Tabla 10	Resultados de la Evaluación del Sistema de Producción.....88

INTRODUCCION

El presente trabajo trata del “ Análisis y Diseño de un Sistema de Programación y Control de la Producción e Inventarios de un ambiente de manufactura de máquinas en paralelo de la industria plástica”, la cual nos permita tener un nivel de inventario que ayude ha mantener abastecido para cubrir la demanda de los artículos, procurando mantener un índice de ventas perdidas y una cobertura de producto terminado bajo, sin olvidar el nivel de performance del uso de las máquinas inyectoras, para que así no cause un alto costo financiero por exceso de los mismos.

En la primera parte se muestra un mapeo general de la empresa que es analizada, donde se describen, sus líneas de productos, su porcentaje de nivel de ventas en la compañía, sus procesos administrativos y operativos. Por otro lado también se da a conocer los objetivos y restricciones del sistema de producción e inventarios que posee la empresa, y finalmente se presenta el marco teórico que será utilizado como soporte del trabajo.

La segunda parte se encuentra dividida en dos secciones, primero en el análisis de la demanda de los artículos y en el análisis de la capacidad de producción, y luego como segunda sección en el diseño de los modelamientos de sistemas tanto de inventarios como de producción que mejor se acoplen a las necesidades y características de la empresa.

En lo que respecta a la tercera parte del trabajo, se encuentra enfocada en la validación propia de los modelos que se plantearon anteriormente, donde con el uso de un software educativo de simulación llamado ARENA se espera determinar si los modelos planteados reflejan el sistema real esperado. Adicionalmente dentro de esta parte del trabajo también se dan a conocer pautas que ayudan en la evaluación y/o selección de un software para una sistematización futura.

Finalmente en la última parte se presentan las conclusiones, resultados y recomendaciones concernientes al trabajo realizado.

CAPÍTULO 1

1. ANTECEDENTES DEL NEGOCIO Y ALCANCE DEL ESTUDIO

1.1 Descripción de productos, demandas e indicadores de producción e inventarios

Plásticos Industriales C.A. es una empresa Ecuatoriana, privada, dedicada principalmente a la fabricación de productos plásticos y a la importación y comercialización de artículos para el hogar, la industria, juguetes y calzado tanto en el mercado nacional como internacional.

La compañía se encuentra clasificada básicamente en 4 divisiones de producción, entre las cuales tenemos:

División Inyección Soplado.- Es la que se encarga de producir artículos para el hogar y la industria mediante la transformación de

las resinas plásticas (Polipropileno, Polietileno, PVC y Estireno) por medio de los procesos de inyección y soplado.

División Calzado.- Se encarga de la fabricación de calzado de lona, cuero sintético tanto para tapicería como para zapatería y PVC (cloruro de polivinilo) Flexible.

División Zapatilla.- Es encargada de la fabricación de planchas micro porosas E.V.A (Etilo Vinil Acetato) y de zapatillas en diferentes modelos, además de suelas de zapatos deportivos.

División Juguetes.- Es la encargada de la fabricación de todo tipo de juguetes y al ensamble del mismo.

Cada división tiene sus diferentes líneas de productos, pero como esta tesis va ser realizada en la división Inyección Soplado, entonces solamente se presenta la línea de productos que se elaboran en dicha división. La clasificación de los productos se da de acuerdo a los colores, tipo de material, usos y componentes (ensamble). A continuación se realiza una breve descripción de las diferentes líneas de productos.

Línea de Productos de Inyección - Soplado

HOGAR: Elaborada con materia prima de alta calidad y en alegres colores, comprende artículos de cocina, limpieza y organización, escolares e infantiles y plásticos de hogar.

PREMIUM: Es la línea elite de la compañía, creada pensando en un segmento que además de distinción y elegancia, la complementan una gama de artículos para su uso dentro y fuera del hogar.

AMBASSADOR: Línea formada por artículos plásticos, en general de alta transparencia, a la altura de productos de moda y calidad a nivel mundial.

INDUSTRIAL: Línea fabricada con materia prima de alta calidad, en diseños resistentes y prácticos. De enorme demanda por su elevada capacidad de orden, conservación, transporte e higiene para las más diversas industrias, desde agrícolas hasta mineras.

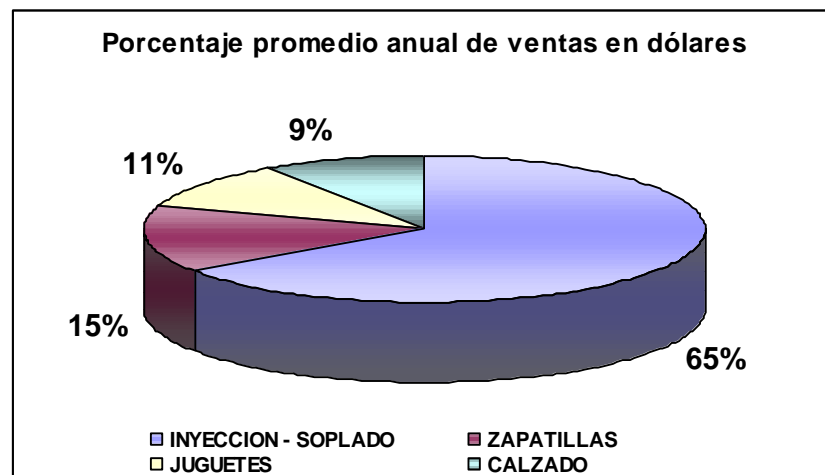
ESTELAR: Una colección creada para satisfacer las necesidades de nuestros clientes en cuanto a comodidad, resistencia y durabilidad. Fabricada con resinas que permiten conservar todas sus cualidades.

DIDESA: Por que preservamos el medio ambiente, creamos la línea de productos de reciclaje con alta eficiencia en el reproceso y bajo costo del producto con la calidad que lo caracteriza.

Cuantificación de las ventas anuales por división

La división inyección – soplado es considerada como una de las más importantes de la compañía debido a que es la única división que mantiene uniforme su producción durante todo el año y sobre todo es

la que mayores ingresos económicos generan, teniendo un promedio del 65.4% del total de ventas de la compañía. A continuación en la Figura 1.1 se presentan los porcentajes anuales promedio de las ventas de cada división durante el periodo 2002-2004.



El gran porcentaje de ventas que registra la división se da debido al gran cantidad de artículos que se fabrican, aproximadamente de 1061 productos totales con una variación de crecimiento de 2.5% por mes. Dentro de estos artículos se encuentran dos grupos diferentes de productos que son los llamados individuales, que no es otra cosa que los productos que salen directamente de la máquina al cliente, y los de ensamble que se encuentran formado por varios componentes adicionales.

Los productos de ensamble se los reconoce como una ventaja competitiva para la compañía, porque para realizar artículos ensamblados se debe poseer una infraestructura grande de

maquinarias y equipos que ayuden a crear los diferentes componentes del producto. En la actualidad la cantidad de artículos ensamblados es de 422 artículos correspondientes al 36% del total de los artículos que ofrece la compañía al mercado.

Indicadores de Gestión y Producción

La división posee ciertos medidores estratégicos que nos ayudan a visualizar de una manera directa como se encuentra el manejo de la compañía semana a semana. En la tabla 1 se presentan los tipos de indicadores que se utilizan en la división con sus respectivos subgrupos.

TIPOS DE INDICADORES	
OPERACIONAL	Cumplimiento al programa
	Producción
	Eficiencia
	Paros
	Productividad
	Desperdicio
COMERCIAL	Venta diaria
	Venta perdida
	Avance del presupuesto
LOGISTICA	Inventario y su variación
	Pedidos entregados
	Confiabilidad de despacho
	Cobertura de PT

Tabla 1.-

Tipos de indicadores de Gestión

Tipos de

Dentro de la clasificación de los indicadores, existen algunos que influyen directamente en el proceso de programación y control de la producción e inventarios, entre las cuales tenemos:

Cumplimiento al programa de producción.- Se lo define como el porcentaje de cumplimiento que se tuvo contra el programa.

$\% \text{ Cumplimiento} = \text{Programado vs Producido} / \text{Programado}$.

Donde:

Programado: Cantidad de artículo que se espera fabricar en un periodo determinado.

Producido: Cantidad del artículo que se fabricó en la semana o periodo determinado.

Prod. VS. Prog: Es la comparación de lo programado vs. producido. Dicha comparación, en caso de que se haya fabricado más de lo producido debe de ser igual a lo programado y en caso de ser igual o menor lo producido que lo programado esta cantidad es igual a lo fabricado.

Cobertura del Inventario.- Se lo define como el número de días de stock que se tiene para cubrir la demanda promedio diaria.

$$\text{Cobertura} = \text{Inventario} / \text{Venta diario promedio.}$$

Ventas perdidas.- Nos indica el porcentaje de ventas perdidas con respecto al total de ventas facturadas.

$$\% \text{ Ventas perdidas} = \text{Ventas perdidas (\$)} / (\text{Ventas} + \text{Ventas perdidas})$$

En la actualidad el cumplimiento al programa de producción persigue porcentajes de 93% como promedio, la cobertura del inventario de producto terminado con respecto a las ventas promedio diario de 60 días y finalmente un porcentaje de 18% de ventas perdidas con respecto a lo facturado. Estos valores refleja que ha pesar de tener un índice de cumplimiento al programa aceptable y una cobertura alta de producto terminado para la venta, existe un alto porcentaje de ventas perdidas.

1.2 Descripción de los procesos operativos y administrativos.

**La división inyección – soplado se encuentra formada por dos secciones que son:
Administración y Planta.**

La función principal del área administrativa es la de la planificación, control de la producción e inventarios, además del ingreso de los reportes e informes operacionales y la realización de los respectivos indicadores de la sección. Por otro lado la sección planta es donde se realiza la fabricación del artículo, el área está formada por 76 máquinas activas, repartidas entre las dos plantas (Km. 7½ y Km. 9½) y según la zona que pertenezca, estas pueden ser: Alto consumo, Mediano consumo, Bajo consumo, Soplado. Además cuenta con un personal de 215 trabajadores

La clasificación de la zona a que pertenece cada máquina se da de acuerdo al cierre de prensa. Así mismo la distribución de los productos que se fabrican, también se la realiza de acuerdo al cierre de su respectivo molde. A continuación en la Tabla 2 se presenta el porcentaje de artículos que se fabrican por zona.

ZONA	# DE MAQUINAS	# DE ITEMS	% DE ITEMS
ALTO	16	239	23%
MEDIANO	36	570	54%
BAJO	19	206	19%
SOPLADO	5	46	4%
TOTAL	76	1061	100%

Tabla 2.- Porcentaje de artículos fabricados por zona

Dentro de la división se puede identificar dos tipos de procesos el **administrativo**, que corresponde al proceso de programación de la

producción, y al **operativo**, que es el proceso de fabricación propio de los artículos. A continuación se presenta una descripción breve de cada uno de los procesos:

Programación de la producción

El objetivo principal del proceso de programación de la producción es elaborar un plan de producción que nos permita mantener abastecido a ventas así como mantener niveles bajos de inventarios.

Para la elaboración de la programación de la producción, se encuentran involucradas personal tanto de la parte comercial como operacional, entre las cuales tenemos.

Gerente de la División.

Asistente de programación.

Programador.

Jefe de Planta

Sistema.

Jefe de Servicio al cliente

Básicamente el proceso consiste primero en revisar las órdenes de producción abiertas en la semana anterior que no fueron cumplidas en sus cantidades y cuales si, luego calcular tiempo pendiente de producción. Como segundo paso se revisa los pedidos pendientes que según el Gerente hay que darle, así mismo se le calcula el tiempo de fabricación y la asignación respectiva de máquinas.

Finalmente se trabaja con el plan comercial presentado por ventas en conjunto con el sistema donde se puede chequear los inventarios de insumos, subproductos y producto terminado, y así de esta manera poder determinar que cantidades se deben fabricar. En el **Anexo A** se presenta el correspondiente diagrama de flujo del proceso de planificación y programación de la producción

Proceso de Fabricación

El proceso de fabricación consta básicamente de 7 operaciones consideradas principales, entre las cuales tenemos:

1.- Almacenamiento de materia prima e insumos: Consiste en el ingreso de los materiales a sus respectivas bodegas, cabe señalar que la compañía tiene identificado una bodega para cada tipo de material, en este caso se tiene para la materia prima la bodega 3 para los insumos bodega 11, para los colorantes bodega 15.

2.- Transporte del material a las máquinas: Es el traslado de los diferentes materiales por parte del ayudante del supervisor a la máquina. Para la transferencia de los materiales debe existir una guía de producción donde el programador indica las cantidades de artículos a producir y la cantidad de material que se debe retirar en la bodega respectiva de cada material.

Cabe señalar que la transportación de los insumos a las máquinas se los realiza en forma manual, mientras que la materia prima se lo realiza en montacargas de doble diente eléctrico o en algunos casos en unas carretas de 4 ruedas creadas en la división.

3.- Fabricación del producto: Es la operación más importante del proceso de producción, debido a que en esta actividad es donde se realiza el procesamiento de conversión de la materia prima (colorante, material plástico) en un producto terminado, estos procesos pueden ser de Inyección o Soplado.

4.- Inspección del producto: Es una actividad realizada por parte del operador de la máquina, donde debe revisar que el artículo cumpla los requisitos de acuerdo a la hoja de especificaciones.

5.- Empaquetamiento del producto: Es una actividad que consiste en el embalaje del producto de acuerdo a su carga unitaria preestablecidas en la guía de producción. Los diferentes tipos de insumos que se utilizan en la división para el embalaje del producto son: cartones, fundas, gavetas, sacos.

6.- Transporte del producto: Luego de que los artículos se encuentran empacados, el personal de despacho recoge el producto y lo lleva hacia la respectiva bodega, si el artículo producido es considerado producto terminado será llevado al Km. 9½ donde se encuentran las bodegas de

PT, mientras que si es subproducto será llevado a la bodega 64 que se encuentra en el Km. 7½.

7.- Almacenamiento del producto en bodega:

Finalmente se realiza el respectivo almacenamiento de los productos de acuerdo al tipo de línea y división que pertenece el producto, cabe señalar que en la bodega de producto terminado se encuentra todos los productos de todas las divisiones que pertenecen a la compañía. A continuación en la Figura 1.2 se presenta el diagrama de flujo de procesos de fabricación donde se observa el movimiento del material a través de todo el proceso productivo.

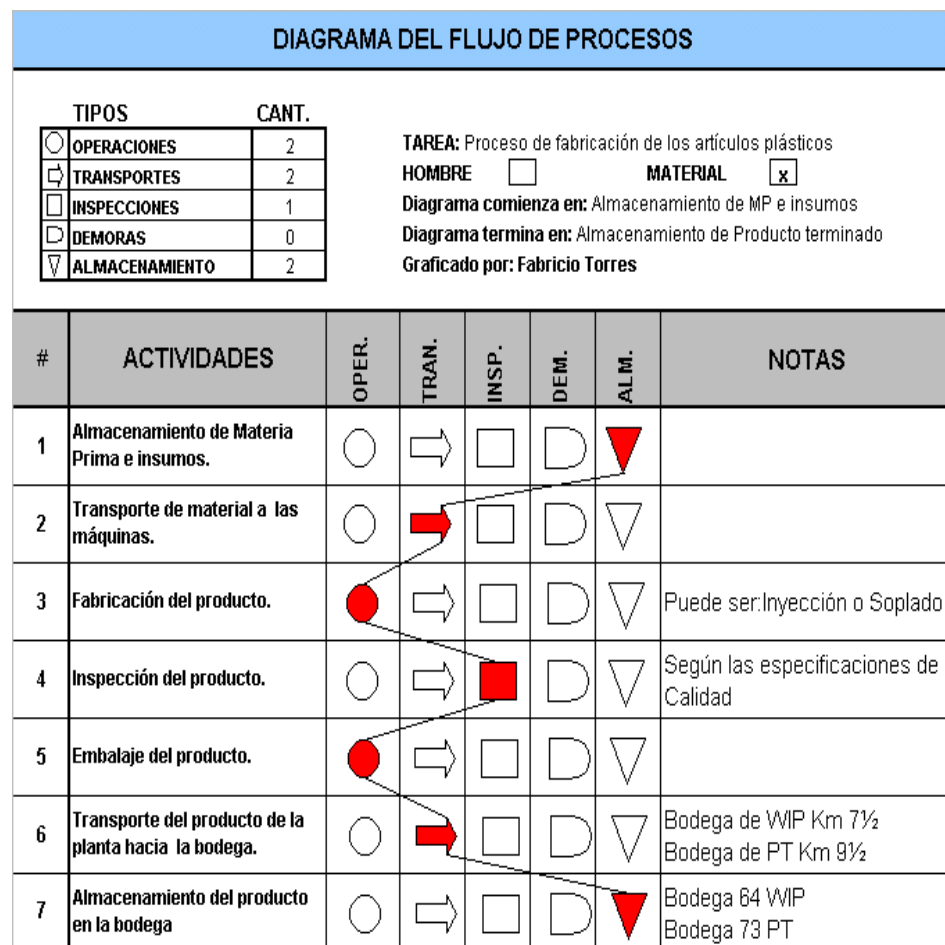


Figura 1.2

Diagrama de flujo del proceso de fabricación

1.3 Descripción de restricciones y objetivos del sistema de planeación y administración de inventarios.

Mediante el análisis de las características de las máquinas y las características del proceso productivo se ha podido establecer ciertas restricciones que afectan directamente en el proceso de planeación y programación de la producción. Entre las cuales tenemos:

1. El ambiente de producción de la división Inyección Soplado es de máquinas inyectoras en paralelos.
2. El número de moldes por artículo es uno.
3. Existe una dependencia de la secuencia de los colores en la fabricación de los artículos, en la cual afecta en el tiempo de cambio de color.
4. Existen artículos que solamente pueden ser producidas en una sola máquina. Así mismo hay artículos que tienen uno, dos o tres opciones de máquinas donde puede ser fabricadas.
5. Existe un limitado número de máquinas.
6. La división Inyección Soplado trabaja para la mayoría de sus productos con un sistema de producción Make to stock.

Teniendo en cuenta todas las restricciones y características propias del proceso de producción en la división Inyección Soplado se ha planteado como objetivo

Elaborar un Sistema de programación de producción que nos permita tener un inventario en la cual nos ayude a mantener abastecido para cubrir la demanda de los artículos, procurando mantener un índice de ventas perdida bajo, así como una cobertura de producto terminado que no cause un alto costo financiero por exceso del mismo.

Interpretando el objetivo planteado lo que se espera lograr en un futuro es.

Maximizar el flujo de salida de los productos (throughput).

Reducir los costos de inventarios de productos en proceso (WIP)

Reducir los costos de inventarios de productos terminado.

Cumplir con las fechas de entregas acordadas con el cliente.

1.4 Marco teórico y conceptual para los problemas de planificación, programación de producción y administración de inventarios.

Importancia de la Planificación y Programación de la Producción

La planificación y programación de la producción son decisiones que se usan con mucha frecuencia en industrias de manufacturas y servicios. Este tipo de decisiones juegan un papel importante en la producción, transportación, distribución de los artículos, y en los procesos de información y comunicación.

Las funciones de planificación y programación en una compañía confían en las técnicas matemáticas y los métodos heurísticos para asignar los recursos limitados a las actividades que tienen que ser trabajados. La asignación de los recursos tiene que ser hecha en una manera que la compañía optimice sus objetivos y logre sus metas.

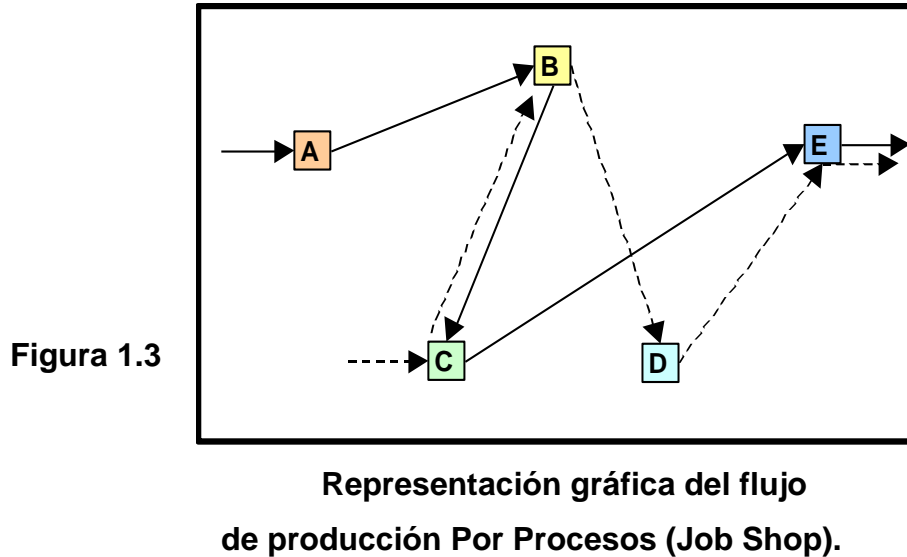
Modelos de Planificación y Programación de la Producción.

Según *Michael Pinedo en su libro Planning and Scheduling in Manufacturing and Services, Segunda edición*, los sistemas de manufactura y servicios están caracterizado por muchos factores: el número de máquinas o recursos, sus características y configuraciones, el nivel de automatización, el tipo de sistema de manejo de materiales, entre otros. La diferencia entre las características da lugar a que se presente diversos modelos, la cual, entre los principales tenemos.

1.-Planificación y Programación de máquinas y trabajos por proceso.

Este modelo se enfoca en los trabajos por procesos, donde los trabajos pueden visitar un número de máquinas siguiendo una ruta definida o no. Los modelos de trabajos por proceso más simples asumen que un trabajo puede ser procesado una vez en una misma máquina en particular a través del sistema. Por otro lado un trabajo también puede visitar una máquina dada por varias veces a través de la ruta del sistema. Estos tipos de talleres se los conocen

como recirculación, La Figura 1.3 presenta un esquema que simula la producción por procesos.



Una generalización de los trabajos por proceso básico es llamada trabajos por proceso flexible, en la cual cada centro de trabajo cuenta con un número de máquinas en paralelo, donde los trabajos que siguen las rutas pueden visitar y ser procesados en cualquiera de las máquinas disponibles. Los trabajos por procesos prevalecen en industrias donde se cumplen únicamente las órdenes de cliente con sus respectivos parámetros.

2.- Modelos de Programación de sistemas de ensamble flexibles.

Los sistemas de ensambles flexibles difieren en diferentes maneras en relación al modelo anterior. En los trabajos por proceso, cada trabajo tiene su propia identificación y puede ser diferente frente a otros trabajos, en cambio en un sistema de ensamble flexible, existe un

limitado número de tipos de productos diferentes y el sistema tiene que producir una cantidad dada de cada tipo de producto.

La gran diferencia se da en que el movimiento de los trabajos con respecto al modelo en la mayoría de los casos se encuentra controlado con un sistema de manejo de materiales, la cual impone los tiempos de inicio de los trabajos en las diferentes máquinas o estaciones de trabajo; el tiempo de inicio de un trabajo en una máquina esta en función del tiempo de realización en las máquinas anteriores que están en la ruta. En la Figura 1.4 se muestra el flujo de producción de un sistema flexible de ensamble definido por un sistema de manejo de materiales

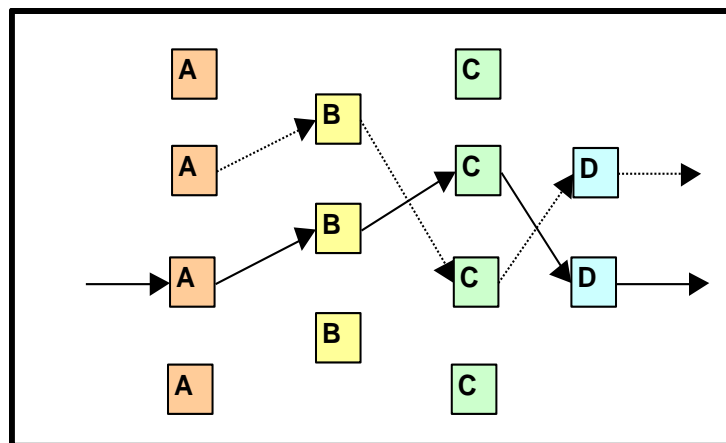


Figura 1.4 Representación gráfica del proceso de sistemas de ensamble flexible (Flow Shop).

Existen tres tipos de modelos de sistemas de ensambles flexibles. El primer modelo representa una línea de flujo que se encuentra formado por un número de máquinas o estaciones de trabajos en series. La línea no es uniforme y una máquina puede gastar tanto tiempo así como necesite para hacer un trabajo. Existe un amortiguador (buffer) entre la sucesión de las máquinas la cual pueden estar bloqueando y retrasando. Un gran número de diferentes tipos de productos pueden ser elaborados en una cantidad dada y el objetivo es maximizar la salida de los productos.

El segundo modelo es un sistema de ensamble uniforme con un sistema de movimiento de los materiales a velocidad constante. Las unidades que tienen que ser ensamblados son movidas de una estación a otra a una velocidad sincronizada. Cada estación tiene sus propias características y capacidades. Otra vez un número de diferentes tipos de productos tiene que ser ensamblados. El objetivo es que la secuencia de los productos en los centros de trabajo no esté sobre cargados y que sus costos de setup sean mínimos.

El tercer modelo es un sistema de flujo flexible con limitado amortiguador y un bypass. A diferencia con los modelos anteriores, existen un número de máquinas en paralelo en cada centro de trabajo. Un trabajo puede ser procesado en una de las máquinas paralelas o puede desviarse a otro centro de trabajo. El objetivo es maximizar la salida de los productos.

3.- Modelos de Programación de los lotes.

Estos modelos son usados para la planeación de producción de medianos y a largo plazo. A diferencia de los tres primeros modelos, la producción y la demanda son continuas. En este tipo de modelo hay una variedad de diferentes productos.

Un punto importante a destacar es que cuando las máquinas cambian de un producto a otro esta incurre en un costo de cambio, por lo que, el objetivo principal es minimizar el costo total, la cual incluye costos de almacenamiento del inventario así como los costos de cambio de producción.

En una escena de idénticos trabajo sus corridas pueden ser largas y los Setup de tiempos y costos entre trabajos de dos tipos diferentes pueden ser significantes. Un Setup típicamente depende de las características de los trabajos que se vaya a realizar. Si el procesamiento de un trabajo en una máquina requiere un mayor setup, esto puede ser ventajoso para permitir que se pueda realizar una serie de trabajos del mismo tipo.

En este tipo de modelo nos referimos a trabajos como ítems y a un proceso interrumpido de una serie de ítems idénticos como una corrida. Si una máquina es acoplada para producir idénticos ítems en una larga corrida, la producción tiende a ser Make to stock, la cual inevitablemente incurre en costos de almacenamiento de los inventarios.

Esta forma de producción es a veces considerada como una producción continua, y el tiempo de producción puede ser de semanas, meses y en alguno caso hasta años.

Los problemas asociados a la programación tienen varios aspectos. Primero, la longitud de la corrida que tiene que ser determinado y segundo el orden de las diferentes corridas tienen que estar establecidas. La longitud de la corrida típicamente se refiere al tamaño del lote y ellos son los resultados de la relación costos de almacenamiento vs. Costos de setup. Los lotes deben tener una secuencia en la cual determine un camino que minimice los tiempos de setup y los costos de setup.

4.- Modelo de Planificación y Programación de la cadena de suministro.

Este modelo asume que el ambiente de manufactura es una red de trabajo donde abarca todas la cadena de valor de una compañía (materia prima, productos en proceso, maquinas, centro de distribución, clientes entre otros), por donde el material fluye para ser procesado y luego transportado al cliente como producto final.

Estos modelos tienden a ser jerárquico y a veces son basados en una integración en la programación de los lotes (cuarto tipo de modelo) y el modelo de programación del lugar de trabajo (segundo tipo de modelo). La función objetivo en la planificación y programación de la cadena de suministro es tomar el control de los costos de almacenamiento de los inventarios en las varias fases de la cadena, así como los costos de transportación entre las fases.

Objetivos de la planificación y programación de la producción.

Michael Pinedo, refiriéndose a las performances y objetivos que se esperan lograr en una escena de manufactura ha planteado una composición de varios objetivos específicos, la cual entre los más importantes se tienen los siguientes:

a) Throughput y Makespan: En muchas situaciones maximizar el throughput es uno de los objetivos mas importante y medido en la administración para ver como se encuentra el performance de la empresa. El throughput es equivalente a la proporción de salida que frecuentemente es determinada por el cuello de botella en las máquinas.

La maximización del throughput puede ser logrado, primero con la aseguración de que una máquina cuello de botella nunca debe estar ociosa. Segundo si hay una secuencia dependiente de los tiempos de setup en la máquina cuello de botella, asegurar que la secuencia sea la que minimice la suma de los tiempos de setup de todos los trabajos.

Por otro lado, el makespan es considerado importante cuando existe un número finito de trabajos. El makespan es definido como el tiempo en que se demora en salir del sistema el último trabajo.

El makespan esta estrechamente relacionado con el throughput. Por ejemplo minimizar el makespan en un ambiente de máquinas en paralelo con secuencia dependiente conlleva a que se balancee la suma de los tiempos de setup, lo que tiende a disminuir el makespan y por ende que la velocidad de salida de los productos sea con mayor rapidez.

b) Cumplimiento de fechas de entregas acordadas: El tiempo de entrega de los productos en la fecha acordada, conlleva a que la organización tengan la suficiente flexibilidad y confianza frente a los requerimientos del cliente.

Para lograr dicho objetivo, primero se debe tratar de minimizar el tiempo de retraso más alto que exista en el sistema. Con la minimización del tiempo de retraso se logra eliminar las actividades que son consideradas como las peores en la performance de la programación

Otro punto a considerar es la identificación del número de trabajos tardíos, el número de trabajos es un estadístico que nos permite ver el nivel de mejoramiento, por eso en la practica no es muy utilizado por los administradores.

c) Costos de Setup: A menudo en un escenario de manufactura se trata de minimizar el tiempo setup cuando el throughput ha sido maximizado. Sin embargo, en ciertas situaciones

el tiempo de setup es insignificante en relación a los costos de setup, por lo tanto en algunos casos se debe considerar la minimización de los costos de setup.

Por ejemplo, se puede señalar que en una máquina que tienen alta capacidad de producción los costos de material virgen que se utiliza para realizar la limpieza y cambio de color, en ocasiones son mayores que los costos de tiempos de setup.

D) Costos de Inventarios de trabajos en procesos (WIP): Otro objetivo importante es minimizar los inventarios WIP, donde los WIP atan el capital y obstaculizan las diferentes operaciones, además los WIP incrementan los costos de manejo de material, y los costos de obsolescencia de los productos que se encuentran por mucho tiempo en inventario.

Una medida de la actuación que puede ser usado para el WIP es el tiempo promedio de throughput, la cual reducir el tiempo promedio de throughput da un cierto nivel de minimización de salida de los WIP.

Por otro lado minimizar el tiempo promedio de throughput también se encuentra estrechamente relacionado a minimizar la suma de los tiempos de realización de los trabajos, lo cual da como resultado la reducción de los costos totales utilizados como WIP.

d) Costos de Inventarios de Producto terminado: Un objetivo importante es minimizar los costos de inventarios de productos terminados.

Si nos encontramos con un sistema de producción make to stock, este tiene como propósito tener un nivel de inventario de productos terminados que pueda satisfacer la demanda; la frecuencia de producción de un artículo dado y el tamaño de lote de producción depende de los costos de setup y los costos de tener inventario. En este caso la proporción de demanda así como la incertidumbre de la demanda determina el mínimo de stock de seguridad que se deba tener para protegerse.

CAPITULO 2

2. ANALISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA

2.1 Análisis de demandas y pronósticos de ventas.

El comportamiento de la demanda de los artículos a través del tiempo juega un papel significativo en la planificación y programación de la producción y control de los inventarios. Su importancia se da debido a que basado en estos datos pasados se puede proyectar o tener una perspectiva de la demanda futura, en la cual es de gran ayuda para determinar cuando y cuanto se debe producir y tener en el inventario.

Debido a la gran cantidad de artículos que posee la división Inyección Soplado se hace un poco difícil realizar el respectivo análisis de la demanda de los productos en forma individual. Por esta razón para efecto de estudio se han clasificado a los productos de acuerdo a una categoría sea esta A, B, o C, con la finalidad de realizar una conclusión en forma general por

cada una de ellas y así determinar el tipo de distribución que obedece la demanda de los productos.

En el Apéndice B se presenta el respectivo análisis pareto donde se clasifican los productos en su respectiva categoría. Cabe señalar que el parámetro de calificación que se ha utilizado en la clasificación es el de las ventas generadas durante los últimos 6 meses correspondientes al año 2005.

Como se puede notar la mayoría de los artículos corresponde a la categoría C con un porcentaje de 69% del total de los productos, mientras que los de la categoría A y B corresponden el 18% y el 13% respectivamente. De igual manera observando el Apéndice B se puede determinar

cuales son los artículos más importantes en cada categoría, para lo cual se lo va ser con el criterio de los productos de mayor porcentaje de ventas en cada categoría. Por lo tanto:

Para los correspondientes a la categoría A, se ha tomado como seleccionados a los siguientes:

- ✓ Silla Perugia, que representa el 3.22% de las ventas.
- ✓ Silla Marsella, que representa el 3.08% de las ventas.

Para los correspondientes a la categoría B, se ha tomado como seleccionados a los siguientes:

- ✓ Repostero Cuadrado, que representa el 0.09% de las ventas.
- ✓ Pomo Pica #1, que representa el 0.09% de las ventas.

Para los correspondientes a la categoría C, se ha tomado como seleccionados los siguientes:

- ✓ Embudo chico, que representa el 0.05% de las ventas
- ✓ Lavacara 32 cm. que representa el 0.04% de las ventas.

Con esta clasificación y selección de los productos se procede a realizar el respectivo análisis estadístico de la demanda por categoría.

Análisis de la demanda por categoría.

Luego de haber realizado la selección de los productos por cada categoría se procede a determinar el tipo de distribución estadística que obedece la demanda la cual será de gran ayuda para el modelamiento del sistema. Para este fin se utiliza como herramienta la prueba estadística correspondiente de bondad de ajuste como es la prueba Kolgomorov – Smirnov, donde tiene como objetivo determinar si los datos de la demanda de cada uno de los artículos provienen o no de una distribución normal. Para lo cual se parten de las siguientes premisas

Siendo: $H_0: F(x) = N(\mu \sigma)$

$H_1: F(x) \neq N(\mu \sigma)$

Rechazar H_0 si $D_{max} > D_{\alpha}$ caso contrario aceptar H_0

Donde: D_{α} = Valor de una constante. Ver Apéndice C.

Para la elaboración de la prueba de bondad de ajuste se ha recopilado como información las demandas correspondientes a los meses anteriores. En el Apéndice D se presenta las demandas durante los últimos 30 meses, para cada uno de los artículos seleccionados.

Luego de haber aplicado la prueba **Kolgomorov Smirnov** a cada uno de los productos se obtiene como resultado lo siguiente:

1.- CATEGORIA A

Silla Perugia: Observando la Figura 2.1, se puede notar que la tendencia de los datos persigue la línea recta de normalidad con un D_{max} de 0.100, entonces aplicando la condición de evaluación de la prueba de hipótesis con un $D_{\alpha} = 0.24$ (observar el valor D_{α} para un $n = 30$ y $\alpha = 0.05$ en Apéndice C) se puede decir que los datos provienen de una distribución normal con media de 17031 unidades y con una desviación estándar de 6440 unidades.

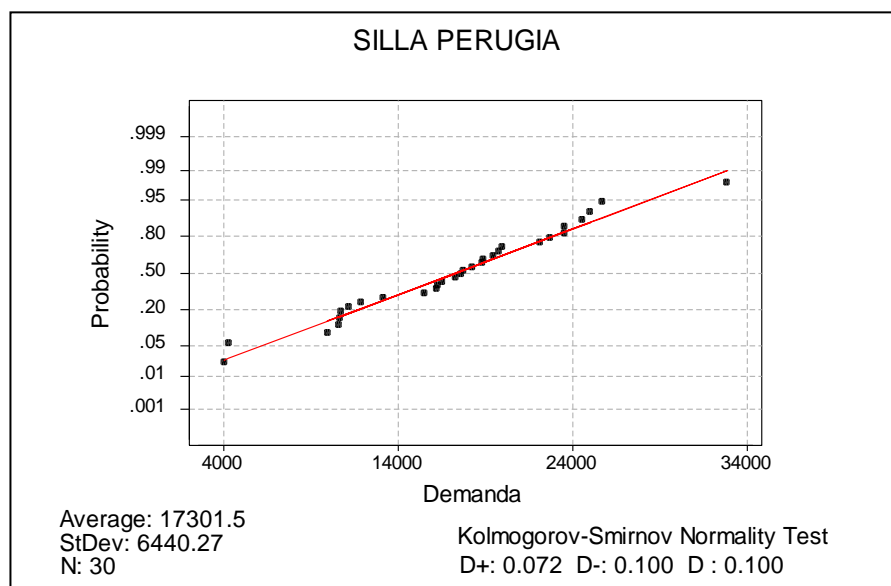


Figura 2.1 Prueba de Normalidad K-S Silla Perugia

Silla Marsella: De igual manera que el producto anterior observando la Figura 2.2, se puede notar que la tendencia de los datos persigue la línea recta de normalidad con un D_{max} de 0.140, entonces si se utiliza la condición de evaluación de la prueba de hipótesis con un $D_{\alpha} = 0.24$ (observar el valor D_{α} para un $n = 30$ y $\alpha = 0.05$ en Apéndice C) se puede decir que los datos provienen de una distribución normal con media de 16021 unidades y con una desviación estándar de 6485 unidades.

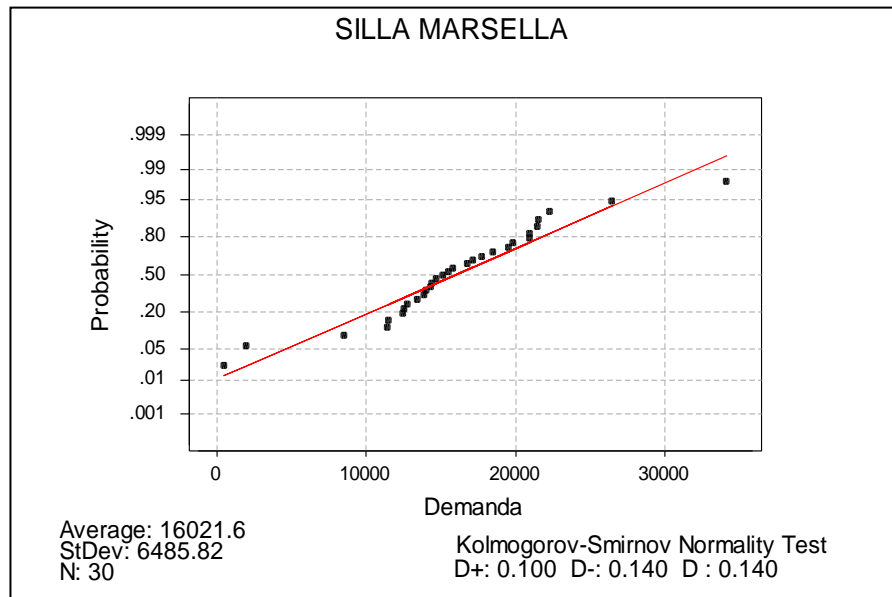


Figura 2.2 Prueba de Normalidad K-S Silla

Marsella

Luego de haber analizado los productos pertenecientes a la categoría A se observa que la demanda posee una tendencia de normalidad. Por lo tanto bajo estos resultados se puede asumir, para efecto del modelamiento del sistema que la demanda de los productos obedece a una **Distribución Normal**.

2.- CATEGORIA B

Repostero Cuadrado: Observando la Figura 2.3, se puede notar que la tendencia de los datos persigue la línea recta de normalidad con un D_{max} de 0.128 y aplicando la condición de evaluación de la prueba de hipótesis con un $D_{\alpha} = 0.24$ (observar el valor D_{α} para un $n = 30$ y $\alpha = 0.05$ en Apéndice C) se puede decir que los datos provienen de una distribución normal con media de 3143 unidades y con una desviación estándar de 884 unidades.

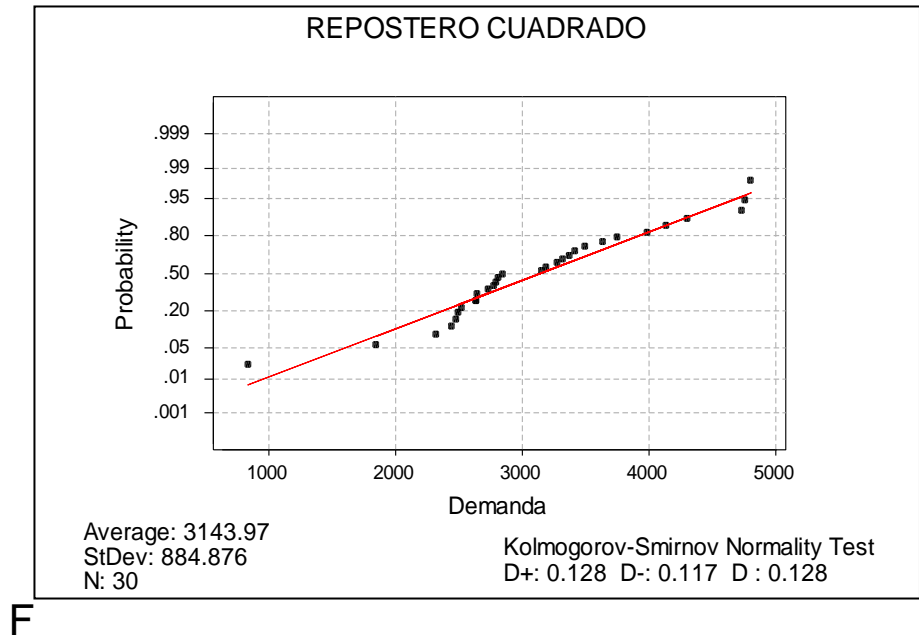


figura 2.3 Prueba de Normalidad K-S Repostero
Cuadrado

Pomo Pica: Así mismo observando la Figura 2.4, se puede notar que la tendencia de los datos persigue la línea recta de normalidad con un Dmax de 0.176 y aplicando la condición de evaluación de la prueba de hipótesis con un $D\alpha = 0.24$ (observar el valor $D\alpha$ para un $n = 30$ y $\alpha = 0.05$ en Apéndice C) se puede decir que los datos provienen de una distribución normal con media de 4773 unidades y con una desviación estándar de 2217 unidades.

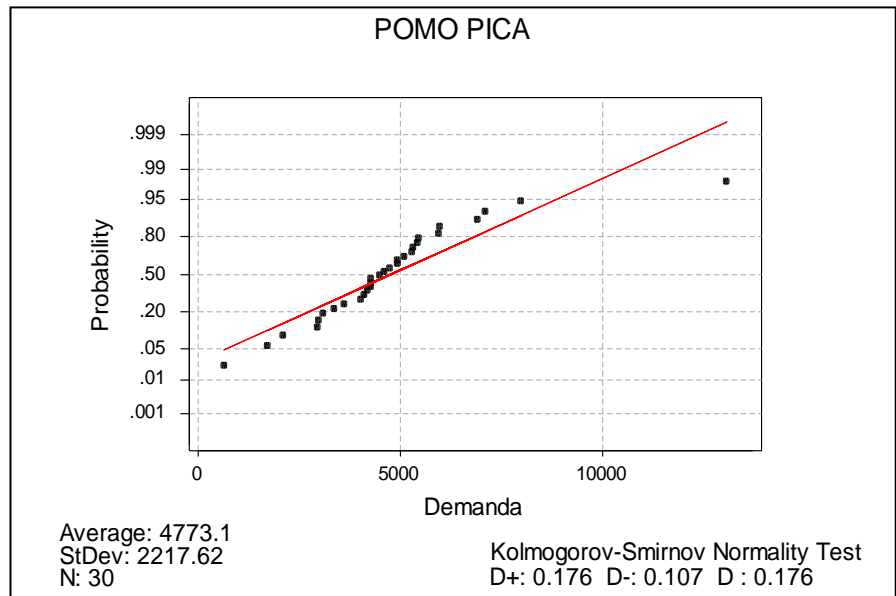
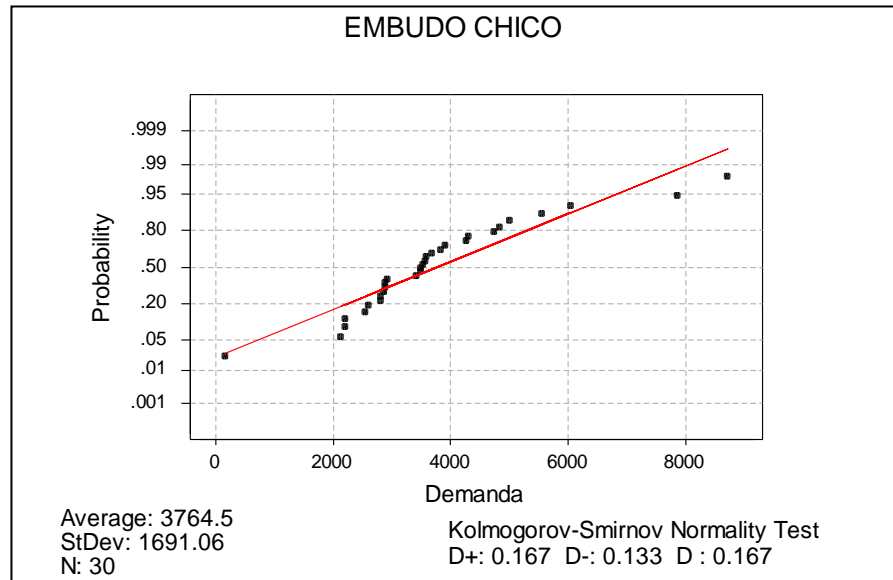


Figura 2.4 Prueba de Normalidad K-S Pomo Pica

Analizando los resultados se puede concluir que los datos de la demanda poseen una tendencia de normalidad, por lo cual nos da la pauta para poder decir que la demanda de los productos de categoría B para efecto del estudio obedecen también a una **Distribución Normal**.

3.- CATEGORIA C

Embudo Chico: Observando la Figura 2.5, se puede notar que la tendencia de los datos persigue la línea recta de normalidad con un



Dmax de 0.167 y aplicando la condición de evaluación de la prueba de hipótesis con un $D\alpha = 0.24$ (observar el valor $D\alpha$ para un $n = 30$ y $\alpha = 0.05$ en Apéndice C) se puede decir que los datos provienen de una distribución normal con media de 3764 unidades y con una desviación estándar de 1691 unidades.

Figura 2.5 Prueba de Normalidad K-S Embudo Chico.

Lavacara 32 cm.: Observando Figura 2.6 los datos persigue la línea recta de normalidad con un Dmax de 0.105 y aplicando la condición de evaluación de la prueba de hipótesis con un $D\alpha = 0.24$ (observar el valor $D\alpha$ para un $n = 30$ y $\alpha = 0.05$ en Apéndice C) se puede decir que los datos

proviene de una distribución normal con media de 1758 unidades y con una desviación estándar de 706 unidades.

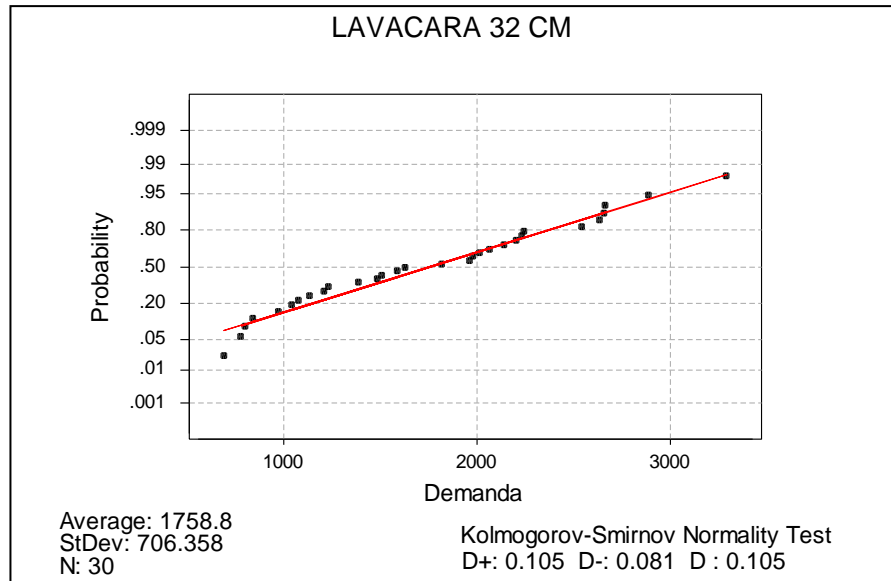


Figura 2.6 Prueba de Normalidad K-S Lavacara 32cm.

Realizando el análisis de los resultados de los productos se observa que el cumplimiento de normalidad de los datos también ha sido verdadero, por lo cual da muestra de que la tendencia de la demanda de los productos pertenecientes a la categoría C se la puede asumir que obedece a una **Distribución Normal.**

2.2 Análisis de capacidad y estándares de producción.

La capacidad de producción en la división Inyección Soplado es medida en base a las Toneladas de plásticos que se hayan convertidos en artículos durante un periodo determinado.

Mediante un levantamiento de información acerca de la producción de los últimos seis meses correspondientes al año vigente, se ha podido determinar que la capacidad de producción promedio mensual es de 1.225 Ton. con una desviación de 0.179 Ton. la cual supera a la demanda que tiene como promedio mensual de 1.034 Ton con una desviación de 0.1 Ton.

Como se puede notar en la Figura 2.7 la capacidad de producción mensual varía de mes a mes lo que da como resultados que en ciertos periodos la demanda supere a la oferta como es en el caso del mes de Abril y Junio.

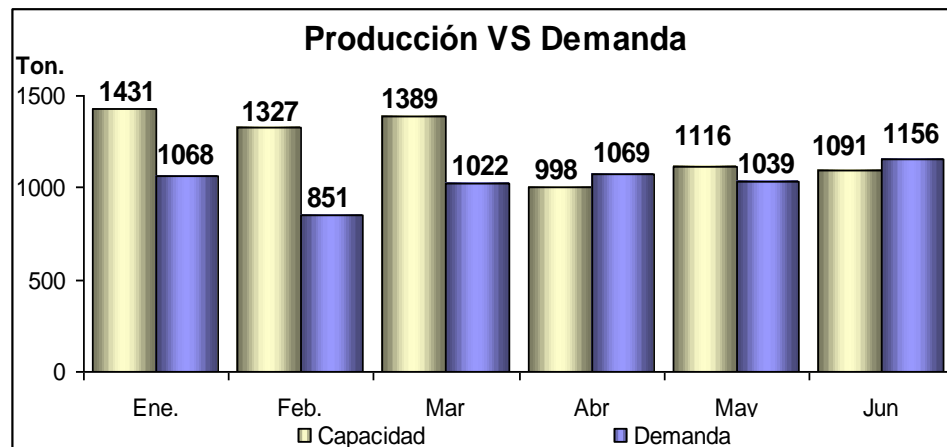


Figura 2.7 Comparación de la Capacidad de Producción VS Demanda (Ene05 – Jun05)

El motivo principal para que exista este tipo de variación se debe a que la capacidad de producción no depende básicamente de la capacidad de carga de la máquina sino también depende del tipo de artículo que se fabrique, su peso, ciclo de producción y el tiempo disponible. Estos factores mencionados son los conocidos estándares de producción los cuales son los parámetros utilizados en el proceso de planeación y programación de la producción y control de inventario. Mediante estos estándares se pueden determinar los tiempos totales de fabricación de un lote, además de colaborar en los costos de mano de obra, uso de maquinaria, requerimiento de personal, entre otros.

Para la obtención de los estándares óptimos de fabricación, la división Inyección Soplado realiza una serie de pruebas, donde se comienzan a manejar una diversidad de parámetros como son presión, temperatura, material, máquina, velocidad del tornillo, etc., hasta lograr que el producto terminado sea el adecuado. En el Apéndice E se presenta una orden de producción donde se puede apreciar los estándares de producción utilizadas en la fabricación del artículo.

Finalmente tomando en consideración conjuntamente el análisis de la demanda y capacidad de producción, se puede determinar que la División Inyección Soplado posee la suficiente capacidad de producción para cubrir las demandas de los artículos, por lo cual la división no debería tener problemas de existencias de artículos, sin embargo realizando un diagnóstico de la gestión se ha podido detectar algunos problemas entre los cuales se tienen los siguientes

- **Ventas perdidas en un 18% del total de las ventas facturadas como promedio**

- **Tiempos de cobertura de los inventarios para las ventas promedios diarias de 60 días como promedio.**
- **Artículos obsoletos. Por ejemplo los *Productos 1, 2, 3* se encuentran almacenados como 6 meses.**
- **Tiempos de flujo de producción de 10 a 15 días como promedio**

Las causas principales que originan este tipo de inconvenientes se deben a que no se posee un buen control de los inventarios en la cual nos ayude a manejar en forma óptima, además tampoco se posee un modelo que nos optimice la producción. Por tal efecto durante los dos puntos siguientes se plantearán los modelos tanto de inventarios y de producción que mejor se acoplen a la división en estudio.

2.3 Modelamiento del sistema de administración de inventarios

Luego de haber realizado los respectivos análisis y haber identificado las características propias de la división tanto operacional como administrativa, se procede a la selección del

modelo de sistema de inventario que mejor se ajuste a las necesidades.

Básicamente existen dos tipos de modelo de sistemas de inventarios que son: Modelo Punto de Reorden y Modelo de Revisión Periódica.

Ambos modelos tienen como objetivo equilibrar la disponibilidad del producto, por una parte, con los costos de suministrar un nivel determinado de disponibilidad del producto, por la otra.

Con el método de control del Punto de reorden se ofrece un control preciso sobre cada artículo del inventario, y por lo tanto el costo total pertinente más bajo, además en la parte administrativa se realiza un monitoreo constante de los niveles de inventario.

Alternativamente bajo controles de Revisión periódica, pueden revisarse al mismo tiempo los niveles de inventarios para múltiples artículos. El control de revisión periódica da por resultado un poco mas de inventario, pero los costos añadidos a su manejo pueden estar más que compensados por costos administrativos bajos, precios más bajos o costos de adquisición más bajos.

Basados en las características propias de los modelos del Sistema de Administración de Inventarios y comparándolos con las características propias de la división, además del cumplimiento de sus políticas y objetivos, el modelo que mejor se acopla a las necesidades es el Modelo de PUNTO DE REORDEN.

El motivo de selección del modelo Punto de Reorden se debe a que este nos permite tener una revisión continua de los inventarios, en el caso de la división esta política de inventarios sería muy importante, ya que al tener una demanda muy fluctuante de los artículos a través del tiempo, conlleva a que se realice monitoreos del inventario cada día, para así que de esta manera tratar de minimizar las famosas Ventas Perdidas que tanto aqueja la división actualmente.

Características del Modelo Punto de Reorden

Según *Ronald H. Ballou* en su libro

Administración de la cadena de suministro -

***Quinta edición* el control de inventarios por**

punto de reorden supone que la demanda es

perpetua y actúa continuamente en el inventario para reducir su nivel. Cuando el inventario se reduce hasta el punto en que su nivel es igual o menor que una cantidad específica llamada el punto de reorden, se coloca una cantidad económica de cantidad Q^* para reponer el inventario. La cantidad total de Q^* llega a un punto en el tiempo que se compensa por el tiempo intermedio. Entre el momento que se reabastece el pedido al punto de reorden y cuando el mismo llega el stock, hay riesgo que la demanda excede a la cantidad que quede en inventario, esta demanda solo se conoce el grado de distribución de probabilidad normal. A continuación en la figura 2.8 se presenta la operación de sistema de punto de reorden para el control de los inventarios.

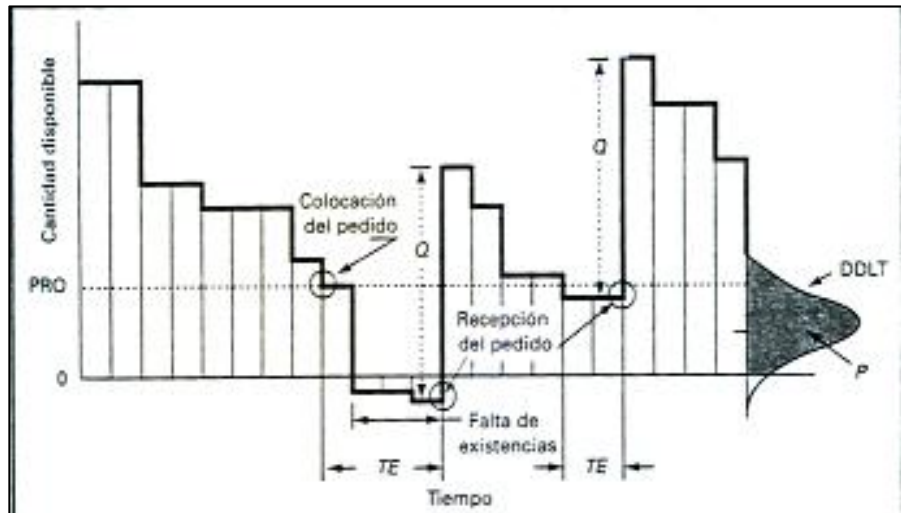


Figura 2.8 Control de Inventarios del punto de reorden bajo incertidumbre para un artículo

Las ecuaciones utilizadas en este modelo son las siguientes:

Tamaño del lote de producción es:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{IC}} \sqrt{\frac{p}{p-d}}$$

$$PRO = D \times TE + z \sigma_d \sqrt{TE}$$

Punto de Reorden es:

$$s'_d = s_d \sqrt{TE}$$

Donde:

D: Pronóstico de la demanda
sd: Error estándar de pronostico
C: Valor del artículo.
I: Costo por manejo del Inventario.
p: Tasa de producción
d: Tasa de demanda
TE: Tiempo total de reaprovisionamiento.
S: Costo por procesamiento de pedido
P: Probabilidad de existencias durante el tiempo de entrega

(Ronald H. Ballou, Administración de la cadena de suministro, Quinta edición)

Conocidas las variables y las formulas que intervienen en el análisis de las cantidades optimas Q* y puntos de reorden , se procede a realizar los respectivos cálculos, pero para aquello, primeramente se debe definir la forma

de cálculo de cada una de las variables que se encuentran involucradas en el modelamiento.

Para la obtención de la demanda de los artículos se procedió a realizar un levantamiento de información de las ventas generadas durante el periodo 2003-2004, con esto valores se obtuvieron el valor promedio de ventas mensual con su respectiva desviación estándar.

En lo que respecta a la tasa de producción se la obtuvo bajo la división del tiempo disponible con el tiempo ciclo de producción, y esto a su vez multiplicado por la eficiencia de la máquina, en la cual tiene como promedio 75%. Mientras que para la obtención de la tasa de la demanda se procede a la división de la demanda

anteriormente hallada con respecto a los días de ventas, en la cual tiene como promedio 22 días.

El costo por procesamiento de un pedido es una de las variables más complejas, para efecto del estudio este ha sido definido como la suma de los costos de mano de obra que intervienen en el proceso de cambio de molde mas el costo de los artículos que no han sido producidos durante el tiempo del cambio de molde. Con respecto a la obtención de los costos de almacenamiento y manejo de materiales se encuentra basada en los porcentajes estándares proporcionados según la “Economic-Lot-Size Models for Cooperative Inter-Organizational Relationship”. En la tabla 3 se ilustra los

diversos costos que intervienen juntamente con sus porcentajes equivalentes.

Costo de interés y oportunidad	82.00%
Obsolescencia y depreciación física	14.00%
Almacenamiento y manejo	3.25%
Impuestos de propiedad	0.50%
Seguros	0.25%
Total	100.00%

Tabla 3.- Porcentajes relativos de los elementos de costo en los costos de mantener inventarios

Con lo concerniente al tiempo total de reaprovisionamiento, se lo ha determinado en base al tiempo de entrega de los moldes para la fabricación, este tiempo es considerada como una cantidad constante para todos los productos, por lo tanto el promedio de días que se maneja dentro de la división es de 2.5 días.

Finalmente la ultima variable que falta por definir es la de la Probabilidad de existencia de artículos, en la cual será analizado con una probabilidad de 95% de que se cumplan con las ventas durante el periodo de fabricación.

Luego de haber presentado las formas de cálculo de las respectivas variables se proceden a la determinación de los cálculos. En el apéndice F se ilustra los resultados correspondientes a los productos estudiados, en este caso a los productos que fueron programados en la fabricación del mes de Agosto del 2005.

2.4 Modelamiento del sistema de planificación y programación de la producción.

Actualmente los sistemas de planificación y programación de la producción están caracterizado por muchos factores: el número de máquinas o recursos, sus características y configuraciones, el nivel de automatización, el tipo de sistema de manejo de materiales, entre otros. La cual la diferencia entre estas características da lugar a que se presente diversos modelos.

Utilizando como texto de referencia el libro Planning and Scheduling in Manufacturing and Services de Michael Pinedo se han identificado básicamente cuatro tipos de modelos de planificación y programación de la producción en industrias de manufacturas, entre las cuales se tiene:

- Modelo de Programación de máquinas y trabajos por proceso.
- Modelos de Programación de sistemas de ensamble flexibles.
- Modelos de Programación de los lotes.
- Modelo de Planificación y Programación de la cadena de suministro.

Cada uno de los modelos anteriormente señalados posee características particulares que la hacen diferentes una de otras. En el caso del primer modelo es un sistema que se enfoca en los trabajos por procesos, donde los trabajos pueden visitar un número de máquinas siguiendo una ruta definida o no.

Con respecto al segundo modelo es un sistema donde existe un limitado número de tipos de productos diferentes y el sistema tiene que producir una cantidad dada de cada tipo de producto, además en la mayoría de los casos se encuentra controlado con un sistema de manejo de materiales, la cual impone los tiempos de inicio de los trabajos en las diferentes máquinas o estaciones de trabajo; el tiempo de inicio de un trabajo en una máquina esta en función del

tiempo de realización en las máquinas anteriores que están en la ruta.

El tercer tipo de modelo es el más conocido de los sistemas de producción, en la cual representa una escena de idénticos trabajos donde sus corridas pueden ser largas y los tiempos de setup y costo entre trabajos de dos tipos diferentes pueden ser significantes. Finalmente el cuarto tipo de modelo asume que el ambiente de manufactura es una red de trabajo donde abarca toda la cadena de valor de una compañía (materia prima, productos en proceso, máquinas, centro de distribución, clientes entre otros), por donde el material fluye para ser procesado y luego transportado al cliente como producto final.

Conocida los objetivos y restricciones de la división, en la cual fueron presentadas en el capítulo 1 y realizando un análisis de comparación, entre las características actuales de la empresa con los diferentes sistemas presentados, se puede determinar que el modelo de programación de la producción que mejor se acopla a las necesidades de la compañía es el del **Modelo de Programación de Lotes**

El motivo de selección del modelo de programación de lotes, se debe a que estos modelos son usados para la planeación de producción de medianos y a largo plazo, donde su producción y demanda es considerada continua. Además este tipo de modelo presenta una disposición de trabajo Make to stock, en la cual es una filosofía que se maneja dentro de la división.

Por otro lado este modelo también ayuda en lo que respecta a la secuencia óptima que debe seguir la producción de los artículos, en el caso muy particular de la división es con referencia a los colores, donde los tiempos de cambio por color son dependientes del orden de aquellos.

Características del Modelo de Programación de los lotes

Según *Michael Pinedo* en su libro *Planning and Scheduling in Manufacturing and Services*, Segunda edición, **el modelo de programación de los lotes supone que la capacidad de producción de una máquina es mayor a la demanda y su producción es continua durante el tiempo y puede tener lugar simultáneamente con la demanda. El objetivo de este modelo es determinar la longitud de una corrida de producción, donde, después de haber concluido una corrida y tener suficiente inventario, la máquina se para hasta que el inventario haya sido consumido, para la cual luego de**

esto se cree otra corrida de este ítem.

Lógicamente que la longitud de una corrida de producción es determinada mediante la minimización de los costos entre los costos de almacenamiento de los inventarios VS los costos de setup. A continuación en la figura 2.9 se presenta la operación del sistema de programación de la producción por lotes.

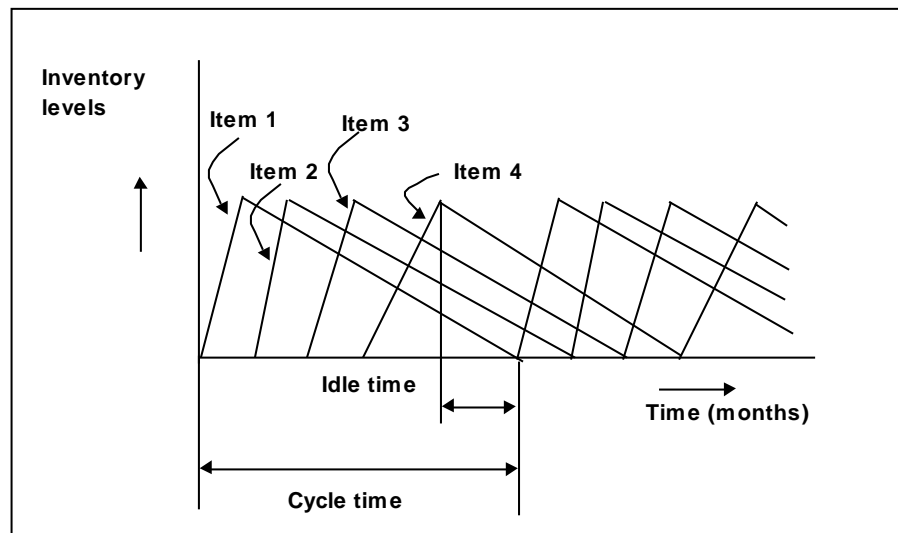


Figura 2.9 Programación de la producción por lotes para varios ítems

Las ecuaciones utilizadas en este modelo

son las siguientes:

$$D_x = \sqrt{\frac{2DQc}{h(Q-D)}}$$

Tamaño del lote de producción es:

Tiempo total de producción $x = \sqrt{\frac{2Qc}{hD(Q-D)}}$ **del**
lote es:

Donde:

D: Demanda de ítems por unidad de tiempo

Q: Capacidad de producción.

c: Costo de Setup.

h: Costo de almacenamiento del inventario por unidad de tiempo.

Adicionalmente, existen otro tipo de

objetivos que persigue el sistema de

programación de la producción, lo que es de

tratar de optimizar el uso de las máquinas y también la reducción de los makespan o tiempo de setup. Para esto existen dos parámetros que se manejan dentro del análisis que son.

- Asignación de máquinas a productos, en la cual su eficiencia sea óptima.**
- Determinación de la secuencia de producción de los ítems para la reducción de los tiempos setup.**

Con respecto a estos puntos se puede acotar que si existen situaciones, en la cual los tiempos de setup son de secuencia dependiente, entonces hay un problema de secuencia en la cual hay que tratar de minimizar la suma de los tiempos de setup.

Minimizar los tiempos de setup implica una planificación de la rotación de los productos en la cual trate de encontrar la secuencia de los colores que ayuden en la reducción de los

tiempos de cambio de color, para lo cual se utiliza como herramienta el algoritmo llamado **Travelling Salesman Problem** más conocido como **TSP o Problema del Viajero**.

Para efecto de la programación de la producción, la División presenta una cantidad de 17 colores como principales, y a su vez estos se pueden derivar en varias tonalidades y aspectos. A continuación en la Tabla 4 se ilustran los diferentes colores principales que presenta la división.

CODIGO	COLOR	CODIGO	COLOR
A0	AMARILLO	P0	GRIS/PLOMO
Z0	AZUL	W0	MARRON/TERRACOTA
G0	BEIGE	J0	NARANJA
B0	BLANCO	N0	NEGRO/MARMOL
C0	CAFE	R0	ROJO
E0	CELESTE	D0	ROSADO
H0	CONCHO DE VINO	V0	VERDE
M0	CREMA/MELON	O0	VIOLETA
I0	CRISTAL/NATURAL		

Tabla 4.- Clasificación de los colores que se utilizan en la fabricación de los artículos

La determinación de la mejor secuencia de los colores se la va a realizar de acuerdo a los tiempos que se incurren en el proceso de cambio de color,

Cabe señalar que la obtención de la secuencia de los colores no se la puede realizar en forma general para todos los artículos debido a que estos varían de acuerdo a cada producto, lo que conlleva a que la secuencia sea única para cada uno que se fabrique.

2.5 Diseño del sistema integrado de planificación y control de la producción e inventarios.

Seleccionado los respectivos modelamientos de sistema tanto para el control de inventarios como para la programación de la producción, se debe definir el modo de operación en forma conjunta de aquellos. Esto conlleva a que se logre una vinculación directa entre los dos modelamientos, en la cual finalmente nos encamine al alcance de los objetivos del estudio.

Los objetivos entre los dos modelamientos son muy parecidos e incluso, sus formulas tiene una gran analogía, la cual nos da una pauta favorable para decir que entre los dos modelos existe una relación directa de compatibilidad de funcionamiento. Con lo que respecta el modelamiento del sistema de inventarios, tiene como metodología definir las cantidades que se deben pedir para almacenar y así cumplir con las necesidades el cliente. De igual manera el modelamiento del sistema de programación también define la cantidad de ítems que se debe producir y en que tiempo se lo va a realizar, pero además se le agrega la optimización de los centros de trabajo o máquinas, esto quiere decir que también considera la programación de la rotación de los ítems o en otras palabras el orden que debe ser producido los ítems, la cual optimice los tiempos de cambio de un producto a otro. Este caso particular

se da en momentos cuando la secuencia de producción es dependiente al tipo de ítems que se vaya a fabricar.

Por lo tanto basados en los conceptos y criterios anteriormente mencionados se procede a la presentación del diseño de sistema integrado de programación de la producción y control de inventarios que debe ser utilizado en la división Inyección - Soplado.

A continuación en una forma muy general se presenta los principales puntos que se abordan en el diseño del sistema

- 1.- Realizar revisiones continuas de los inventarios y compararlo con los puntos de reorden establecidos en el Apéndice F.
- 2.- Si el nivel del inventario es menor que el punto de reorden, entonces se procede a realizar el respectivo pedido mediante la creación de una Orden de producción de la cantidad Q^* .
3. - Realizar la asignación de máquina a los productos que vayan a ser fabricados. Esta asignación debe ser bien estudiada para poder encontrar que tipo de máquina o máquinas pueden ser utilizadas, en la cual optimice la performance de producción.
- 4.- Determinar la secuencia de producción de los artículos que vayan a ser fabricados, en el caso particular de la división determinar la secuencia de los colores.
- 5.- Almacenar los artículos fabricados día a día en la bodega correspondiente de producto terminado.

CAPITULO 3

3. VALIDACION DEL MODELO PROPUESTO Y SUS EXTENSIONES.

3.1 Determinación de índices de rendimiento del sistema

El fin primordial de la determinación de los índices de rendimiento es la de lograr identificar la forma y bajo que parámetros será evaluado el sistema integrado de la programación y control de la producción e inventarios, para así de esta manera considerar si el sistema propuesto es viable y útil para la división.

Dentro de los parámetros básicos de análisis de rendimiento, que presentan cada uno de los modelos tanto de inventario como de producción, se han podido determinar dos tipos de evaluaciones comunes que estos presentan, las cuales son las siguientes:

Costos.

Nivel de servicio.

Costo Total: El objetivo principal de la mayoría de los modelos es reducir los costos totales al mínimo. El índice del costo total es el que nos permite determinar el impacto de las desviaciones que poseen los diferentes tipos de políticas de inventarios, es decir, en nuestro caso nos permite evaluar y comparar los resultados entre el sistema propuesto y la administración actual del inventario y producción.

La interpretación más sencilla para el cálculo del costo anual total del inventario es:

$$CT = \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H$$

Donde:

Q: Número de piezas óptimo por pedido.

D: Demanda anual en unidades.

S: Costo de preparación de un pedido.

H: Costo de almacenamiento por unidad por año.

Nivel Promedio del Inventario: El nivel promedio del inventario para un artículo es el total de las existencias regulares más las existencias de seguridad. Es decir,

$$\text{Inventario_Promedio} = \frac{Q}{2} + Z(S_a)$$

Cabe señalar que la definición de cada una de las variables presentadas en esta fórmula ya fue definida anteriormente en el punto donde se definió el modelamiento del inventario

Nivel de Servicio: Cabe recordar que uno de los objetivos principales del sistema es asegurar que el producto este disponible en el momento y en las cantidades deseadas. Normalmente esto se basa en la probabilidad de la capacidad de cumplimiento a partir del stock actual. A esta probabilidad es la que se refiere al nivel de servicio que se espera lograr, donde se la puede definir para un artículo como:

$$\text{Nivel_de_Servicio} = 1 - \frac{\#_de_días_agotadas_anualmente}{Días_totales_anuales_simulados}$$

El nivel de servicio se expresa como un valor entre 0 y 1. Dado que un nivel de servicio objetivo está típicamente especificado, la tarea será controlar el número esperado de unidades agotadas. **Ronald H. Ballou, Administración de cadena de suministro, Quinta edición.**

3.2 Simulación con ARENA del sistema propuesto.

La simulación es lo segundo más importante después de observar un sistema real en operación, es un intento que nos permite reproducir los rasgos, aspectos y características de un sistema real, generalmente sobre un modelo computarizado.

Por esta razón para el análisis de los resultados y la observación del funcionamiento dinámico de los sistemas de modelamientos planteados, se ha utilizado como herramienta de estudio el programa de simulación llamado ARENA. Con la ayuda de este software se crea un modelo lógico la cual represente los sistemas que se han planteado como alternativas de operación para la división.

Los dos tipos de modelos que serán simulados son los siguientes:

1. Modelo del Inventario con revisión continua y reabastecimiento no instantánea.
2. Modelo de programación de la producción con tiempos setup dependiente.

Para el desarrollo de la simulación de los modelamientos se decidió tomar como referencia solamente analizar un artículo, debido a que, el programa ARENA utilizado es una versión educativa, la cual presenta restricciones de cantidad de blocks y elements.

Simulación del Modelo del Inventario con revisión continua y reabastecimiento no instantáneo

El sistema de Inventario que se ha propuesto a la división Inyección soplado, parte de la política de inventario de Revisión

continúa de los Inventarios, donde para esto se ha establecido que las revisiones serán realizadas en forma diaria, es decir a un valor constante $C = 1$ día ó 24 horas, cabe señalar que estas revisiones serán al inicio de cada jornada de trabajo.

Con el arribo inicial de las revisiones se procede a determinar el nivel del inventario que se tiene para el día, para lo cual se debe realizar la respectiva resta entre el Nivel del Inventario – Demanda Diaria del producto, donde la demanda diaria tiene el comportamiento de una Distribución Normal (694, 229) unid. Si la demanda diaria de los clientes puede ser cubierta por el inventario actual entonces se considera como un cumplimiento de pedido, caso contrario es llamado incumplimiento de pedido.

Teniendo establecido el nivel actual del inventario se procede a la comparación del mismo con respecto a la cantidad de inventario establecido por el punto de reorden de 3369 unidades, si el nivel del inventario es menor que el punto de reorden, la persona encargada envía un pedido de artículos por la cantidad de reorden de 31142 unidades, siempre y cuando no exista un pedido anterior del mismo artículo

La forma de reabastecimiento de los artículos será realizada en forma continua, es decir día a día, hasta que se llegue a cumplir

con la cantidad requerida del pedido. Por lo tanto el crecimiento del inventario también será diariamente y este aumento se lo realiza al final de cada jornada. El tiempo de reabastecimiento de los productos se encuentra establecido por la tasa de producción diaria que posee la máquina inyectora que es de 1227 unidades por día con lo cual tardaría 25.38 días equivalente a 609 horas para cubrir toda la cantidad requerida.

Uno de los puntos importantes que la división se encuentra interesado es determinar el costo total anual incurrido en el proceso del manejo del inventario bajo la política propuesta. Por lo tanto, a continuación se presentan los costos necesarios para el cálculo.

Costo setup	\$765.8
-------------	---------

Costo de almacenamiento anual por unidad	\$0.666
--	---------

(Todos los valores presentados se encuentran registrados en el Apéndice F, Producto Banko, Código 920007)

Conociendo la descripción del sistema y la forma de operación esperada en la vida real, se procede a la construcción del modelo. Para esto se ha utilizado básicamente dos tipos paneles del Simulador ARENA que son el Basic Process y el Advanced Process, la cual dentro de estos encontramos los diferentes

Blocks y Elements que nos permiten interpretar el sistema requerido en un modelo computarizado. En el Apéndice G se ilustra el modelo lógico del Inventario utilizando el programa ARENA.

Simulación del Modelo de Programación de la Producción con tiempos setup dependiente.

La división Inyección Soplado es una área manufacturera que se fabrican artículos plásticos mediante un sistema de producción Make to stock, donde la longitud de la corrida de producción (tamaño de lotes), y además la dependencia de los tiempos setup juegan un papel importante en la programación de la producción.

El sistema parte de la creación de un plan de producción, donde se establecen las cantidades requeridas, en la cual se incluyen lotes de productos por colores. Para la obtención de las cantidades a producir se toman como valores las que se hallaron anteriormente para el modelo del inventario que es de 31142 unidades, adicionalmente también se presentan los porcentajes de fabricación de los artículos por color: Amarillo (25%), Azul (25%), Rojo (25%), Negro (10%), Blanco (15%). Ver Apéndice F.

En lo que respecta a la asignación del tipo de máquina donde se trabaja, es irrelevante ya que independientemente del tipo de

recurso, el ciclo de fabricación es el mismo, para este caso, se tiene disponible tres tipos de máquinas que son: MIR 520, JM368, JM368A; con un ciclo de fabricación de 52.8 sg. Un punto importante a destacar es que la fabricación de los artículos solo pueden ser realizados en una sola máquina a la vez, ya que solamente se posee un molde para cada producto.

Finalmente tomando en consideración que el tiempo de setup tiene una dependencia, no se puede decir que el tiempo total de fabricación es igual, al producto de el ciclo de producción y la cantidad de pedido, sino también se le debe agregar los tiempos de setup que se incurren durante los cambios de color. Para esto se debe utilizar como herramienta el modelamiento del Problema del viajero, la cual nos permite hallar la secuencia que minimice los tiempos de setup (*Hamdy A. Taha, Investigación de Operaciones, Sexta edición*).

En la siguiente tabla se resume el tiempo promedio por cambio de color, cuando el color designado en la columna va seguido por el color designado en la fila. Cabe señalar que los tiempos de cambio de color no son considerados valores constante, más bien son valores que presentan ciertas variaciones de tiempo, estos se debe a ciertos factores del proceso como son

materiales, dimensiones del tornillo, ciclos de fabricación, entre otros.

	AMARILLO	AZUL	ROJO	BLANCO	NEGRO
AMARILLO		(35, 3.5)	(25, 2.8)	(35, 1.57)	(34, 3.5)
AZUL	(31, 2.5)		(32, 1.76)	(43, 3.2)	(22, 0.88)
ROJO	(29, 2.5)	(24, 1.5)		(40, 3.3)	(24, 1.76)
BLANCO	(23, 1.2)	(29, 4)	(32, 4.5)		(40, 3.1)
NEGRO	(41, 4.2)	(32, 1.6)	(34, 0.88)	(45, 2.2)	

Fuente: Informes de operadores de la División Inyección Soplado 2004-2005

Tabla 5.- Tiempos incurridos por Cambio de Color

Con el conocimiento de los tiempos de cambios y la ayuda de la metodología del algoritmo del Problema del Viajero se pudo determinar que la secuencia que minimiza los tiempos setup es Amarillo, Blanco, Rojo, Azul, Negro. Cabe señalar que para el cálculo de los tiempos de secuencia se trabajaron con los tiempos promedios. En la Tabla 6 se presentan las diferentes secuencias que se pueden utilizar en la programación de los colores con su respectivo tiempo de setup.

SECUENCIA	TIEMPO	SECUENCIA	TIEMPO
(AM,AZ,R,B,N)	146 min	(AM,AZ,B,N,R)	152 min
(AM,AZ,B,R,N)	135 min	(AM,AZ,N,B,R)	136 min
(AM,R,AZ,B,N)	132 min	(AM,B,AZ,N,R)	121 min
(AM,R,B,AZ,N)	116 min	(AM,B,N,AZ,R)	138 min
(AM,B,R,AZ,N)	114 min	(AM,N,B,AZ,R)	141 min
(AM,B,AZ,R,N)	120 min	(AM,N,AZ,B,R)	142 min
(AM,AZ,R,N,B)	136 min	(AM,R,B,N,AZ)	136 min
(AM,AZ,N,R,B)	131 min	(AM,R,N,B,AZ)	124 min
(AM,R,AZ,N,B)	117 min	(AM,N,R,B,AZ)	137 min
(AM,R,N,AZ,B)	124 min	(AM,N,B,R,AZ)	136 min
(AM,N,R,AZ,B)	136 min	(AM,B,R,N,AZ)	123 min
(AM,N,AZ,R,B)	137 min	(AM,B,N,R,AZ)	133 min

AM: AMARILLO AZ: AZUL R: ROJO B: BLANCO N: NEGRO

Tabla 6.- Tiempo total de setup por secuencia

Basados en la información recopilada y en los cálculos realizados. se procede a la simulación del modelo, para lo cual se utiliza como panel de ayuda el conocido Packaging del programa ARENA. En el Apéndice H se ilustra el modelo lógico de la Programación de la Producción.

3.3 Análisis de resultados de la simulación.

Una vez presentado los dos modelamientos lógicos, se procede a la realización de las corridas de los sistemas, la cual por medio de esta se puede obtener los resultados que permite realizar los respectivos análisis, adicionalmente durante las corridas también se puede determinar si el modelo lógico presentado es valido o no. La validación

de un modelo consiste en observar que las medidas de actuación del rendimiento del modelo refleja a lo que ocurre en la realidad.

Para el análisis del modelamiento del inventario se ha realizado una corrida de simulación con una cantidad de 5 replicas, en la cual cada replica interpreta el trabajo de 1 año laboral que es de aproximadamente 264 días.

El primer punto a considerar es el de verificar si el modelamiento es valido o no, para lo cual en la figura 3.1 se presenta el gráfico del comportamiento del inventario a través del tiempo, donde se puede notar que su estructura es similar al comportamiento del nivel del inventario que fue propuesto como solución.

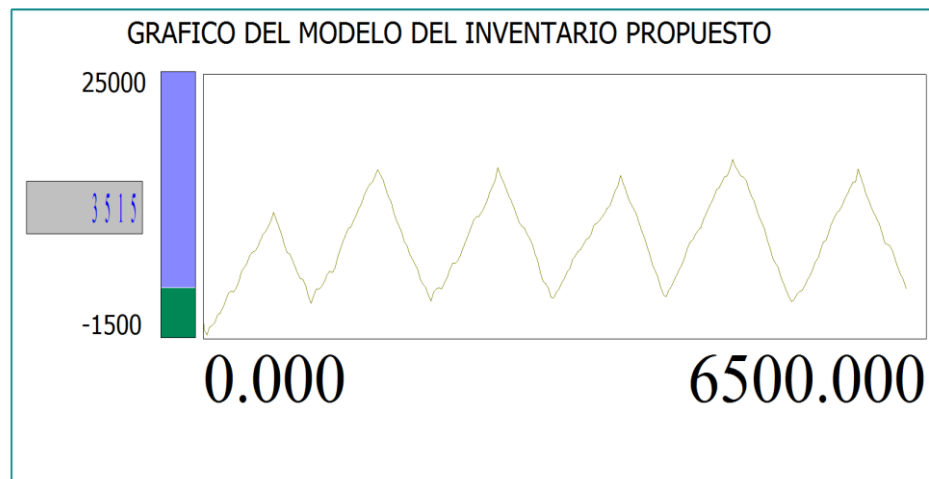


Figura 3.1 Gráfico del modelo del inventario propuesto

Por otro lado considerando los resultados obtenidos durante la corrida de simulación, nos permite verificar que los valores arrojados de los índices de rendimiento del sistema que fueron propuestas, son similares a los esperados en la realidad, por lo cual nos da la pauta para decir que el modelo presentado es válido.

Por lo tanto conociendo la validez del modelo sus resultados son los adecuados para definir que la demanda promedio anual para el producto analizado, tiene como promedio de consumo 182570 unid. con una variación de 4140 unid., y con un costo total promedio anual de \$14859 y con un nivel de servicio del 98%. Otros valores a considerar es el nivel promedio del inventario que es de 17663 unid, y que durante el año se realiza como número de pedidos promedio anual de 6 ordenes de producción de 31142 unid. En la tabla 7 se ilustra el resultado de output de la corrida de simulación con 5 replicas.


```

ARENA Simulation Results
                                Fabricio Torres Córdoba
                                Output Summary for 5 Replications

Project:SIMULACION DE UN MODELO DE INVENTARIO   Run execution date :11/10/2005
Analyst:Fabricio Torres Cordova                 Model revision date:11/10/2005

                                OUTPUTS

Identifier                Average    Half-width Minimum    Maximum # Replications
-----
NUMERO DE PEDIDO          6.2000   .55520    6.0000    7.0000    5
COSTO DE ALMACENAMIENTO 10370.   .00000    10370.    10370.    5
NIVEL DE SERVICIO         .98485   .00333    .98106    .98864    5
DEMANDA TOTAL ANUAL      1.8257E+05 4139.6    1.7773E+05 1.8655E+05 5
INVENTARIO PROMEDIO ANU 17663.   .00000    17663.    17663.    5
COSTO DE ADQUISICION     4489.6   101.79    4370.4    4587.3    5
COSTO TOTAL               14859.   101.79    14740.    14957.    5
pedid.NumberIn            .00000   .00000    .00000    .00000    5
pedid.NumberOut           .00000   .00000    .00000    .00000    5
evaluacion.NumberIn      265.00   .00000    265.00    265.00    5
evaluacion.NumberOut     264.80   .55520    264.00    265.00    5
cliente.NumberIn         265.00   .00000    265.00    265.00    5
cliente.NumberOut        265.00   .00000    265.00    265.00    5
mir 520.TimesUsed        .00000   .00000    .00000    .00000    5
mir 520.ScheduledUtiliz .00000   .00000    .00000    .00000    5
System.NumberOut         529.80   .55520    529.00    530.00    5

Simulation run time: 0.30 minutes.
Simulation run complete.

```

Tabla 7.- Resultados de la Corrida de Simulación

Finalmente el error que pueda tener los resultados, también juega un papel importante dentro del estudio. Para esto se utilizó como análisis, el estadístico llamado **Intervalo de Confianza**, donde con un intervalo de confianza del 95% que los resultados se encuentren del intervalo y con 4 grados de libertad (n : # de replicas – 1), además del promedio de ventas anual (X) de 182570 unid y desviación (S) de 4140 unid se obtiene como resultado lo siguiente:

$$\bar{X} \pm t_{n-1, 1-\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} \longrightarrow 182570 \pm 5139$$

Que la demanda promedio anual de unidades para el artículo en estudio fluctúa entre 187709 como límite superior y 177431 como límite inferior con una precisión de los resultados de 97.18%

De igual manera continuando con el análisis de los resultados del modelo de programación de la producción, se ha realizado una corrida de simulación igual a 5 replicas. Cada replica representa el tiempo de fabricación promedio estimado para el cumplimiento de la Orden de producción.

Los resultados alcanzados luego de realizar la corrida de simulación, son valores similares a los esperados en la realidad, lo que da como conclusión que el modelo presentado refleja la realidad del campo del estudio.

Uno de los objetivos fundamentales de este modelo es conocer los tiempos promedios setup empleados durante cada corrida de producción. Como se ilustra en la tabla 8 se puede notar que estos tiempo fluctúa entre 0.27 % y 0.35% con un promedio de 0.316 % en relación al tiempo total de fabricación, lo cual expresándolo en minutos es de 116 min. promedio de setup por cada orden de producción

Resultados del Modelo de Programación						
Replication 1	Start Time:	0	Stop Time:	611,04	Time Units:	Hours
MIR 520	Number Obs	Average Time	Standard Percent	Restricted Percent		
Changeover	6	0.3030	0.30	0,3		
Working	7	870.317	99.70	99,7		
Palletizer 1	Number Obs	Average Time	Standard Percent	Restricted Percent		
Working	1	611.04	100.00	100		
Replication 2	Start Time:	0	Stop Time:	611,04	Time Units:	Hours
MIR 520	Number Obs	Average Time	Standard Percent	Restricted Percent		
Changeover	6	0.3244	0.32	0,32		
Working	7	870.134	99.68	99,68		
Palletizer 1	Number Obs	Average Time	Standard Percent	Restricted Percent		
Working	1	611.04	100.00	100		
Replication 3	Start Time:	0	Stop Time:	611,04	Time Units:	Hours
MIR 520	Number Obs	Average Time	Standard Percent	Restricted Percent		
Changeover	6	0.2782	0.27	0,27		
Working	7	870.529	99.73	99,73		
Palletizer 1	Number Obs	Average Time	Standard Percent	Restricted Percent		
Working	1	611.04	100.00	100		
Replication 4	Start Time:	0	Stop Time:	611,04	Time Units:	Hours
MIR 520	Number Obs	Average Time	Standard Percent	Restricted Percent		
Changeover	6	0.3585	0.35	0,35		
Working	7	869.841	99.65	99,65		
Palletizer 1	Number Obs	Average Time	Standard Percent	Restricted Percent		
Working	1	611.04	100.00	100		
Replication 5	Start Time:	0	Stop Time:	611,04	Time Units:	Hours
MIR 520	Number Obs	Average Time	Standard Percent	Restricted Percent		
Changeover	6	0.3425	0.34	0,34		
Working	7	869.978	99.66	99,66		
Palletizer 1	Number Obs	Average Time	Standard Percent	Restricted Percent		
Working	1	611.04	100.00	100		

Tabla 8.- Resultados de la Corrida de Simulación

Finalmente realizando el respectivo análisis estadístico de **Intervalo de Confianza**, donde con un intervalo de confianza del 95% que los resultados se encuentren del intervalo y con 4 grados de libertad ($n: \#$ de replicas $- 1$), además del promedio de tiempo setup (X) de 116 min. y desviación (S) de 12 min. se obtiene como resultado lo siguiente:

$$\bar{X} \pm t_{n-1, 1-\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} \longrightarrow 116 \pm 14.6$$

Que el tiempo setup promedio utilizado para cada orden de producción que se realiza, fluctúa entre 130.6 min. como límite superior y 102.6 como límite inferior con una precisión de los resultados de 89%, lo cual nos da la pauta para concluir que los resultados y obtenidos son confiables para el estudio.

3.4 Pautas para la sistematización futura del sistema, criterios para el desarrollo o selección del software.

Tanto para competir en mercados externos e internos; llevar la trazabilidad de fabricación para cumplir con las normas ISO 9001; o efectuar la eficiente administración de sus recursos de producción, y depurar costos y procesos en todos los casos, la industria precisa una adecuada herramienta que le permita planear y controlar sus procedimientos productivos.

Administrar una industria con múltiples productos y sectores no es tarea fácil. El encadenamiento de procesos puede producir retrasos en cronogramas de entrega, cuellos de botella en materiales requeridos o excesos de costos no contemplados en la presupuestación de ventas.

Etapas para la evaluación de un sistema actual

Antes de construir un sistema o reconstruir un sistema en uso, es altamente recomendable analizar las diversas alternativas disponibles:

- Dejar el producto como está.
- Adquirir uno en el mercado que realice la misma función.
- Reconstruirlo.

Evidentemente, elegiremos la opción que mejor relación costo/beneficio nos ofrezca. Para calcular los costes de un proyecto de reingeniería, se propone un modelo basado en cuatro fases:

1. Justificación del proyecto de reingeniería.
2. Análisis de la cartera de aplicaciones.
3. Estimación de costos.
4. Análisis de costos / beneficios.

Justificación del Proyecto de Reingeniería.

Para justificar un proyecto de reingeniería se requiere de un análisis del software existente, de los procesos de mantenimiento actuales y del valor de negocio que tienen las aplicaciones; todo esto con el objeto de hacer una evaluación en posibles aumentos de valores sobre estos tres factores.

La mayoría de las organizaciones sólo toman en consideración los procesos de reingeniería cuando el coste de un nuevo desarrollo es demasiado alto. En cualquier caso, y aunque a primera vista parezca

la única o la mejor alternativa, es necesario confirmar la necesidad de reconstruir el sistema.

Existen cuatro operaciones que nos pueden dar una idea de los costes del proyecto y del valor del software actual dentro del negocio:

Introducción de un sistema de evaluación de los costes del mantenimiento. Es recomendable que esta tarea la lleve a cabo la organización anticipándose con suficiente anticipación al momento en que se percibe la necesidad de aplicar reingeniería.

Análisis de la calidad del software actual, para lo cual pueden utilizarse auditores de código automáticos que proporcionan datos del tamaño, complejidad y métricas de calidad del código fuente. Estos valores son incorporados a una base de datos que es utilizada por otra herramienta para realizar comparaciones y obtener resultados.

Análisis de los costes de mantenimiento: Se proponen tres métricas para medir los procesos de mantenimiento: "Dominio del impacto" o proporción de instrucciones y elementos de datos afectados por una tarea de mantenimiento con respecto al total de instrucciones y elementos de datos del sistema; "Esfuerzo empleado", que es el número de horas dedicadas a

tareas de mantenimiento, con lo que se puede obtener una media del número de horas por tarea de mantenimiento; y "Tasa de errores de segundo nivel", que es el número de errores causados por acciones de mantenimiento. Si se observa que estas tres medidas se incrementan, es muy probable que los costes de mantenimiento se incrementen con el tiempo.

Evaluación del valor de negocio del sistema actual, que es realizado por la dirección de la organización.

Análisis de la cartera de aplicaciones.

En esta etapa se cotejan la calidad técnica y el valor de negocio de cada aplicación, con el objetivo de construir una lista de aplicaciones, ordenada según sus prioridades en el proceso de reingeniería.

La calidad técnica de un producto es una medida relativa, dependiente de cada organización, que se calcula en función de diversas características. Para cada variable que interviene en la calidad técnica se fijan unos límites inferior y superior (que representan los valores máximos y mínimo de calidad). Para hallar el nivel de calidad de la variable considerada se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$Ci = 1 - \frac{\text{Medida actual} - \text{Límite inferior}}{\text{Límite superior} - \text{Límite inferior}}$$

Asociando un punto de un plano para cada aplicación, e interpretando el valor de negocio y la calidad técnica como coordenadas de estos puntos, se puede representar estos criterios como en la figura 3.2.

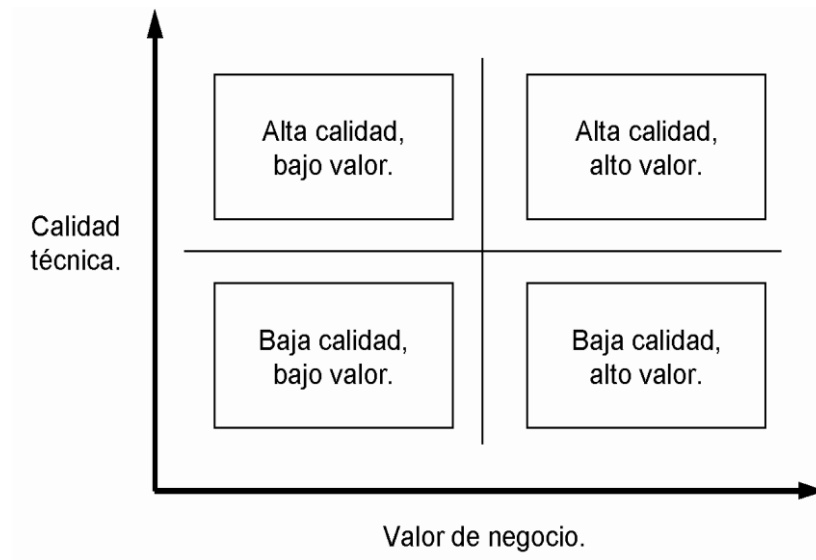


Figura 3.2. Matriz de calificación

Las aplicaciones situadas en el cuadrante superior izquierdo tienen alta calidad y bajo valor de negocio, por lo que no requieren reingeniería; las situadas en el cuadrante inferior izquierdo tienen poco valor en ambos parámetros, por lo que pueden ser desarrolladas de nuevo o reemplazadas por productos comerciales; las del superior derecho tienen un gran valor de negocio y alta calidad: se les puede aplicar reingeniería, pero sin excesiva prioridad; las del inferior

derecho tienen alto valor de negocio y baja calidad técnica, por lo que serán las primeras candidatas a la reingeniería.

Estimación de costos.

Se realiza identificando y ponderando, mediante métricas adecuadas, todos los componentes del software que se van a modificar.

Se deben considerar los costes de cada proyecto de reingeniería: si éstos son superiores a los beneficios, la reingeniería no será una alternativa viable y la aplicación deberá ser desarrollada de nuevo o bien adquirirse en el mercado.

Para estimar los costes de la reingeniería, se tienen ciertas ventajas respecto a la misma estimación en proyectos de ingeniería directa: no se debe calcular factores influyentes como el número de líneas de código, sentencias ejecutables, elementos de datos, accesos a archivos, etc., ya que son medidas que se pueden tomar directamente de la aplicación.

Se aconseja utilizar como variables para calcular los costes las que se ofrecen a continuación, y que deben ser debidamente ponderadas en función de su influencia en el coste total:

- Número de líneas de código no comentadas.

- Coste de los casos de prueba, que se calcula multiplicando el coste medio de cada caso de prueba por el número de éstos, que es función de la complejidad del problema.
- Número de accesos a archivos, bases de datos y campos. En la ponderación de estas entradas/salidas consideramos la complejidad de las estructuras de información y el grado de independencia de la aplicación respecto de los datos.
- Número de operaciones que realizan los usuarios de la aplicación, número de ventanas, número de informes, etc., para el caso de las interfaces de usuario.

Análisis de costos/beneficios.

Una vez que se ha calculado el coste de la reingeniería, la última etapa es comparar los costes con los beneficios esperados (no es suficiente con examinar los beneficios que aporte la reingeniería).

Fuente: www.monografias.com-*Reconstrucción de la arquitectura de software, Administración de software integrado.*

Pautas para la selección de un software industrial integrado

En la actualidad los sistemas de administración de la información tiene como propósito operar totalmente con un sentido de negocio es decir, necesita distribuir las aplicaciones para la planeación, los costos, etc., sobre los múltiples estratos de la empresa: los centros de trabajo, las divisiones, la corporación así como trabajar en múltiples lenguajes y monedas.

Estos tipos de software industriales poseen muchas ventajas entre las cuales se tienen las siguientes:

- Ofrece un entorno altamente integrado, que pueda explotar por completo el potencial de un sistema cliente-servidor.
- Se puede usar en negocios con 30 usuarios o 3000 usuarios. Esta escalabilidad asegura el soporte para el negocio actual y su futuro crecimiento
- Diseñado como un sistema total, pero también adaptable al uso modular. Esta expansibilidad lo hace adaptable a los requerimientos específicos de los negocios

Estos tipos de software como es el caso de SAP esta construido alrededor de una extensa serie de módulos de aplicación que pueden utilizarse solos o combinados. Debido a que los módulos están

integrados y utilizan una base de datos común, las transacciones procesadas en un área se actualizan de inmediato en todas las demás.

Los principales módulos con que cuentan este software son:

Contabilidad Financiera	Recursos Humanos
Ventas y Distribución	Manufactura y Logística.

Características del software industrial

- Controlar el Stock (Por Partida, Lote y Número de Serie)
- Fórmula de Producción.
- Costos Standard por Producto.
- Ingreso de Producción con deducción automática de Materiales a través de la Fórmula del Producto.
- Calculo de Materiales a comprar.
- Emisión de Ordenes de Producción (O.P.)
- Emisión de O.P. por Pedidos de Clientes.
- Seguimiento de O.P.
- Asignación y Reserva de Materiales por O.P.
- Costo Real de la Fabricación de la O.P.
- Desvíos de Consumo de Materiales entre lo Real y las Fórmulas Standard

Tomando en consideración las ventajas y características propias de los diferentes software, se requieren además conocer ciertas pautas

tantos computacionales como comerciales, que nos permitan seleccionar de una mejor manera el software que se requiere. A continuación se presenta una lista de los principales criterios que se utilizan en una selección del software.

a) Sistemas computacionales

- ✓ Básico. Sistema Operativo (Seleccionar por Standard Mundial).
- ✓ Soporte: Base de datos (Seleccionar por Standard Mundial).

b) Proveedor

- ✓ Reconocido prestigio mundial y nacional.
- ✓ Soporte técnico en instalación.
- ✓ Ayuda en problemas.
- ✓ Personal especializado.
- ✓ Tiempo de atención.
- ✓ Comunicación rápida.

c) Servicios de capacitación

- ✓ Cursos, material, expositor
- ✓ Documentación, procedimientos de uso, etc.

d) Costos

- ✓ Condición de pago.
- ✓ Costos de mantenimiento.

Recomendaciones para la sistematización futura

Los siguientes puntos que se presentan a continuación son recomendaciones que se consideran en la reconstrucción o implementación de un sistema.

1. Tener una meta y un conjunto de objetivos o preguntas en mente antes de emprender un proyecto de reconstrucción de datos.
2. Obtener una visión de alto nivel de la arquitectura del sistema antes de comenzar el detallado proceso de reconstrucción.
3. Usar la documentación existente para generar solo vistas de alto nivel de los sistemas. En muchos casos, la documentación existente para un sistema puede no reflejar exactamente el sistema como está implementado, pero este puede dar una indicación de conceptos de alto nivel.

4. Involucrar a la gente que esta familiarizado con el sistema en el proyecto para obtener un mejor entendimiento del sistema que será reconstruido. Herramientas pueden ayudar al esfuerzo y acorta los procesos de reconstrucción, pero ellos no pueden ejecutar una reconstrucción completa automáticamente. La reconstrucción de arquitectura requiere que se involucre la gente (arquitectos, desarrolladores y gente de mantenimiento del software) quienes están familiarizados con el sistema.

5. Asignar a alguien de tiempo completo para trabajar sobre el proyecto. La reconstrucción de arquitectura involucra un extenso y detallada análisis de un sistema y requiere un significativo esfuerzo.

Fuente: Manual del Ingeniero Industrial, Ultima Edición, Tomo I – www.inter.com.

CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Mediante la aplicación del sistema propuesto de producción y administración de inventarios para la división Inyección soplado del producto analizado, se obtiene como resultado una reducción del 39% respecto al costo total actual. A continuación en la Tabla 9 se ilustra los resultados obtenidos

	182570		PROPUESTO	COSTOS PROPUESTOS	AHORRO
	ACTUAL	COSTOS ACTUALES			
# DE ORDENES DE PRODUCCION	12	\$ 9190	6	\$ 4595	50.0%
INVENTARIO PROMEDIO	12085	\$ 8049	17663	\$ 11764	-46.2%
% DE VENTAS PERDIDAS	2%	\$ 9612	0%	0	100.0%
		\$ 26851		\$ 16358	39%
COSTO SETUP	\$ 765.80				
COSTO ALM. ANUAL	\$.666				
PRECIO PRODUCTO	\$ 3.51				

Tabla 9.- Resultados de la Evaluación del Sistema

de Inventario

De igual forma, en lo que respecta a la aplicación del nuevo método de programación de la producción con secuencia dependiente, la reducción del tiempo setup fue del 61% del total del tiempo setup total actual utilizado en cada orden de producción. En la Tabla 10 se ilustran los resultados obtenidos después de la evaluación.

	ACTUAL (AM,AZ,R,B,N)	PROPUESTA (AM,B,R,AZ,N)	AHORRO	AHORRO
TIEMPO(MIN)	146 min	114 min	32 min	22%
# ORDENES DE PRODUCCION	12	6	6	50%
TIEMPO TOTAL(MIN)	1752 min	684 min	1068 min	61%

Tabla 9.- Resultados de la Evaluación del Sistema de Inventario

En consecuencia, bajo estos resultados, se considera que los dos sistemas propuestos, una vez comprobada su efectividad en el producto

analizado, pueden ser una solución factible y aplicable a los demás productos que fabrica la División.

Adicionalmente a las diferencias en resultados que presenta el sistema propuesto con respecto al actual, también se identificó una serie de situaciones, que afectan al proceso de programación y control de la producción e inventarios, tales como:

- ✓ Poco control de los ingresos y egresos de los artículos a las bodegas, lo que ocasiona que existan desfases entre las cantidades registradas en el sistema en comparación con las reales, esto conlleva a que en el momento de programar se realice una planificación ineficiente de las cantidades que se deben producir.
- ✓ Las fichas técnicas de fabricación de los artículos que presentan cantidades y códigos erróneos lo que ocasiona que existan confusiones de materia primas e insumos, así también de componentes como es en el caso de los productos ensamblados.
- ✓ Poco control de la producción por parte de los supervisores y de las personas del área de la planificación de la producción, lo cual hace que en la mayoría de las órdenes de fabricación no cumplan con las cantidades requeridas. Esto ocasiona que en los productos que son ensamblados sus componentes queden en la bodega de producido en proceso sin usarlo por un periodo largo hasta que se vuelva a producir el producto terminado.
- ✓ La compañía posee dos sistemas informáticos en forma separada que son el SIP donde se puede obtener toda la información con respecto a la parte de producción y el N-SIP donde se pueden observar las ventas e inventarios de producto terminado. La desligadura de ambos sistemas hacen que las decisiones gerenciales y operativas no se las pueda realizar en forma eficiente y generen errores.

- ✓ No existe cambio de información con otras aplicaciones como son:

Dynamics (Proveedores, Contabilidad).

Apipro (Moldes y Máquinas).

Spyral (Valores Nóminas).

- ✓ La integración entre las áreas involucradas en el proceso de fabricación como son, **comercialización y distribución**, no funciona en forma eficiente, lo que ocasiona perdidas de tiempo y errores en los pedidos de fabricación.

En forma general es posible establecer que los diferentes problemas que aquejan en la actualidad la División Inyección Soplado, radican básicamente en tres frentes que son: **operativa, administrativa y de sistemas.**

Recomendaciones

1. Reducir los tiempos de cambio de molde, la cual permitirá reducir los tamaños de lotes que se establecieron y por ende minimizar los costos de preparación.
2. Tener un mayor control y compromiso por parte de los operadores y supervisores de cumplir con las cantidades exactas requeridas en el pedido, esto conlleva a que se reduzcan los artículos que quedan en la bodega de productos en procesos.

3. Utilizar como política de inventario, en lo que respecta a los Productos categoría A, la de Revisión Continua, mientras que para los de categoría B o C la de revisión periódica.
4. Realizar mejores estudios de pronóstico de la demanda futura, su bajo nivel de certeza de ventas ha generado que existan muchos artículos en bodega.
5. Crear un sistema de actualización de inventario producción y costos, para lo cual se requiere lo siguiente:

Integrar a través del NSIP las ventas, inventario producto terminado, cartera y producción para así de esta manera eliminar el SIP.

Integrar el NSIP con otras aplicaciones como son:

DYNAMICS (PROVEEDORES, CONTABILIDAD)

APIPRO (MOLDES Y MAQUINAS)

SPYRAL (VALORES NOMINAS)

6. Si no es el caso de poder realizar estas interacciones estudiar la opción de diseñar un nuevo software ó adquirir un software ERP con los módulos apropiados para el trabajo eficiente de la compañía. Dentro de los beneficios que se esperan tras la integración, diseño o compra de un software son:

Visualizar información de un producto tipo árbol en base a ficha técnica.

Explosión de formulas para conocer existencias e inexistencias de artículos que se deben producir o comprar.

Lotes de productos terminados en piso de producción.

Tamaño de lotes de compras de insumos y materiales.

Control histórico de las ventas y producción de los artículos

Integración con Plan comercial y pedido específico de ventas

Consolidación de reportes e indicadores de baja rotación, cobertura de inventario y saldos históricos de producto terminado, materiales y subproductos.

APENDICE C

TABLA J Valores de cuantiles superiores de la distribución de la estadística D_n de Kolmogorov-Smirnov

n	$1 - \alpha$				
	0.80	0.85	0.90	0.95	0.99
1	.900	.925	.950	.975	.995
2	.684	.726	.776	.842	.929
3	.565	.597	.642	.708	.828
4	.494	.525	.564	.624	.733
5	.446	.474	.510	.565	.669
6	.410	.436	.470	.521	.618
7	.381	.405	.438	.486	.577
8	.358	.381	.411	.457	.543
9	.339	.360	.388	.432	.514
10	.322	.342	.368	.410	.490
11	.307	.326	.352	.391	.468
12	.295	.313	.338	.375	.450
13	.284	.302	.325	.361	.433
14	.274	.292	.314	.349	.418
15	.266	.283	.304	.338	.404
16	.258	.274	.295	.328	.392
17	.250	.266	.286	.318	.381
18	.244	.259	.278	.309	.371
19	.237	.252	.272	.301	.363
20	.231	.246	.264	.294	.356
25	.21	.22	.24	.27	.32
30	.19	.20	.22	.24	.29
35	.18	.19	.21	.23	.27
Fórmula para una n mayor	$\frac{1.07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.14}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.63}{\sqrt{n}}$

Fuente: F. J. Massey, Jr., *The Kolmogorov-Smirnov test for goodness of fit*, J. Amer Statistical Assoc. 46 (1951), 68-78. Publicado con permiso.

APENDICE E

ORDEN DE PRODUCCION

PICA
2005/08/30 - 15:55:20
PR010601

Aplicación Producción

Página: 1
Usr.: 016 Prog.:

Compañía : 001 PICA
División : 52 INYECCION KM9
F.Inicial: 2005/06/24
F.Aprobac: 2005/06/24

C. Costo: 523 INYECCION KM9
F.Final : 2005/06/24
Estado : En analisis

Orden NS: 0101452
Bodega : 67 PISO PRODUC. INYECCI
Aprobç : 063 Luis Gonzalez-prod.i
Adminis : 018 Ing. Fernando Delgad

= Producción =====									
Código	Sub-Productos/Productos	Programado	REAL	UND	Cumplido	Maqui	Molde	Prim.Infr	Ultm.Infr
906203W0	MACETERO ROMANO P. TERRA	3,500.0	3,500.0	U.	100.00 %	520095		05/06/24	05/06/28
58502401	SCRAP PP. USO GENERAL	0.0	40.0	KG.		520095		05/06/24	05/06/28

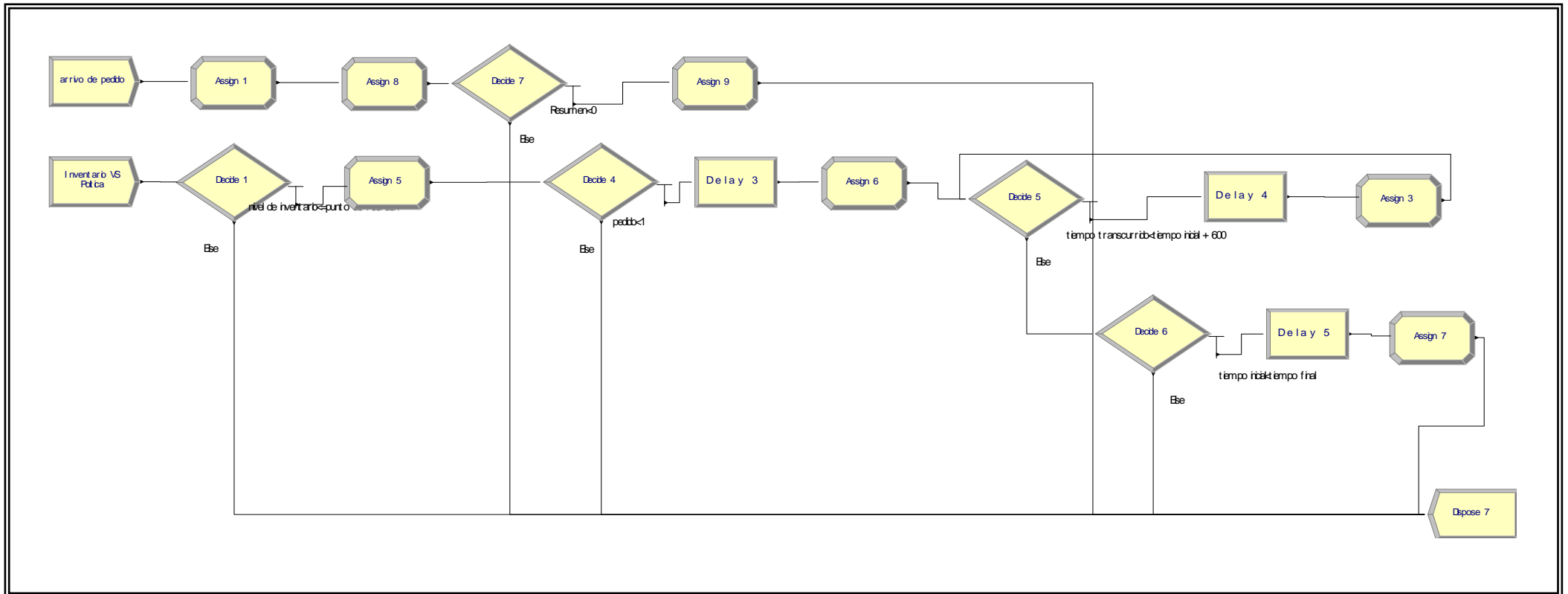
- Consumos -----									
Tipo	Código	Materiales/Sub-Productos	Programado	REAL	UND	Lotes	Utilizados		
M	20618001	ETIQ. 2.5X3.8 CM. CODIGO/BARRA	4,100.00	3,500.00	U.	008385122			
M	10903503	PP. UG. 20 NUCLEADO	1,138.00	996.00	KG.	002525287	20H92N LOT 205M5287	KM 9	
S	596146W0	MACETERO ROMANO/BASE TERRACOTA	3,500.00	3,500.00	U.	PR0101004	999990000	PR0099961	
S	501066C0	COLORANTE LQ.CAFE/TERRACO.1237	8.00	14.00	KG.				
S	58502401	SCRAP PP. USO GENERAL	19.00	0.00	KG.				
M	20602608	ETIQ. PREMIUM CHICA JARDINERA	4,100.00	3,500.00	U.	001075067	ETIQ. PREMIUN CHICA	JARDINERIA	

- Sumario ---Mano/Obra---Uso/Equipo---Und/Hora Hombr---Und/Hora Maqui-----Ciclo---Pendiente Mano/obra---Pendiente Uso/equipos									
Estandar	48.61 h	48.61 h	72.00 U.	72.00 U.	50.00 s		0.00 h		0.00 h
Real	38.00 h	50.00 h	92.10 U.	70.00 U.	51.42 s.		0.00 h		0.00 h
Variación	-10.61 h	1.38 h	20.10 U.	-2.00 U.	1.42 s				
%	-21.82 %	2.85 %	27.92 %	-2.77 %	2.85 %				

-----Producción---Peso unitario---Kilos Totales---- Kilos consumos----Rendimiento---Kilos Ajust---Productiv---Absorción-									
Programado	3,500.0 U.								
Estandar		0.2750 Kg.		962.500 Kg.					
Real	3,500.0 U.	0.2885 Kg.	1,311.000 Kg.	1,010.000 Kg.	95.30%	99.23%	131.38%	97.22%	
Variación	0.0 U.	0.013 Kg.	348.500 Kg.	47.50 Kg.					
%	0.00 %	4.935 %		4.93 %					

APENDICE G

MODELO LOGICO DEL SISTEMA DE INVENTARIO



APENDICE H

MODELO LOGICO DE PRODUCCION

ORDEN DE PRODUCCION	
Cantidad a producir: 31142 unid. Amarillo (25%): 7785 unid. Azul (25%): 7785 unid. Rojo (25%): 7785 unid. Negro (10%): 3115 unid. Blanco (15%): 4672 unid.	Tiempo total en días: 25.46 días Máquina: MIR 520 Eficiencia de Máquina: 75% Ciclo de Producción: 52.8 sg.
Tasa de Producción: 1227 unid x día. $(86400 \text{ sg.} / 52.8 \text{ sg.}) * 0.75$ Secuencia Optima: AM,B,R,AZ,N Tiempo de Setup (114 min): 36+33+24+22 Tiempo total de fabricación (min.): $(31142 / 1227) * 1440 + 114 = 36664 \text{ min.}$	

ANIMACION DEL MODELO

Estandares de Produccion	Estandares de Estibamiento																													
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Nom</td> <td style="text-align: center;">Sf</td> <td style="text-align: center;">Run</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Speed: 0 . 0</td> <td style="text-align: center;">X 0 . 0</td> <td style="text-align: center;">= 0 . 0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Input Rates: 0 . 0</td> <td style="text-align: center;">Good Output: 0 . 0</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Units: 0 . 0</td> <td style="text-align: center;">0 . 0</td> <td></td> </tr> </table>	Nom	Sf	Run	Speed: 0 . 0	X 0 . 0	= 0 . 0	Input Rates: 0 . 0	Good Output: 0 . 0		Units: 0 . 0	0 . 0		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Nom</td> <td style="text-align: center;">Sf</td> <td style="text-align: center;">Run</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Speed: 0 . 0</td> <td style="text-align: center;">X 0 . 0</td> <td style="text-align: center;">= 0 . 0</td> </tr> <tr> <td>Input Rate:</td> <td style="text-align: center;">0 . 0</td> <td rowspan="5" style="text-align: center; vertical-align: middle;"> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 60px; margin: 0 auto; position: relative;"> <div style="background-color: blue; width: 100%; height: 100%;"></div> </div> Pallet </td> </tr> <tr> <td>Units Processed:</td> <td style="text-align: center;">0 . 0</td> </tr> <tr> <td>Good Units Prod:</td> <td style="text-align: center;">0 . 0</td> </tr> <tr> <td>Layers Swept:</td> <td style="text-align: center;">0 . 0</td> </tr> <tr> <td>Pallets Stored:</td> <td style="text-align: center;">0 . 0</td> </tr> </table>	Nom	Sf	Run	Speed: 0 . 0	X 0 . 0	= 0 . 0	Input Rate:	0 . 0	<div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 60px; margin: 0 auto; position: relative;"> <div style="background-color: blue; width: 100%; height: 100%;"></div> </div> Pallet	Units Processed:	0 . 0	Good Units Prod:	0 . 0	Layers Swept:	0 . 0	Pallets Stored:	0 . 0
Nom	Sf	Run																												
Speed: 0 . 0	X 0 . 0	= 0 . 0																												
Input Rates: 0 . 0	Good Output: 0 . 0																													
Units: 0 . 0	0 . 0																													
Nom	Sf	Run																												
Speed: 0 . 0	X 0 . 0	= 0 . 0																												
Input Rate:	0 . 0	<div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 60px; margin: 0 auto; position: relative;"> <div style="background-color: blue; width: 100%; height: 100%;"></div> </div> Pallet																												
Units Processed:	0 . 0																													
Good Units Prod:	0 . 0																													
Layers Swept:	0 . 0																													
Pallets Stored:	0 . 0																													
<h3 style="margin: 0;">Corrida de Produccion</h3> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p style="font-size: small; color: blue;">STATE</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p style="font-size: small; color: blue;">STATE</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p style="font-size: small; color: blue;">STATE</p> </div> </div>																														

MODELO LOGICO

<h3 style="text-align: center; margin: 0;">Run Controls</h3> <p style="text-align: center; border: 1px solid red; display: inline-block; padding: 2px;">Simulate</p>	<h3 style="text-align: center; margin: 0;">Products and Production Plans</h3> <p style="text-align: center; border: 1px solid red; display: inline-block; padding: 2px;">Production Plans</p> <p style="text-align: center; font-size: small;">Plan de Produccion</p>
<h3 style="text-align: center; margin: 0;">Equipment Logic</h3> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <p style="border: 1px solid red; display: inline-block; padding: 2px;">Machine</p> <small>MR 520 Basic Machine</small> </div> <div style="text-align: center;"> <p style="border: 1px solid red; display: inline-block; padding: 2px;">Conveyor</p> <small>Conveyor 1</small> </div> <div style="text-align: center;"> <p style="border: 1px solid red; display: inline-block; padding: 2px;">Palletizer</p> <small>Palletizer 1 Palletizer</small> </div> </div>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <p style="border: 1px solid red; display: inline-block; padding: 2px;">Product</p> <small>Banko Amarillo</small> </div> <div style="text-align: center;"> <p style="border: 1px solid red; display: inline-block; padding: 2px;">Product</p> <small>Banko Blanco</small> </div> <div style="text-align: center;"> <p style="border: 1px solid red; display: inline-block; padding: 2px;">Product</p> <small>Banko Rojo</small> </div> <div style="text-align: center;"> <p style="border: 1px solid red; display: inline-block; padding: 2px;">Product</p> <small>Banko Azul</small> </div> <div style="text-align: center;"> <p style="border: 1px solid red; display: inline-block; padding: 2px;">Product</p> <small>Banko Negro</small> </div> </div>

BIBLIOGRAFIA

1. BALLOU RONALD H., Administración de la Cadena de Suministro, Quinta Edición, Editorial Pearson Prentice Hall.
2. HEIZER JAY – RENDER BARRY, Dirección de la Producción, Sexta Edición, Editorial Prentice Hall
3. KELTON H. DAVID, Simulation with Arena, Tercera Edición, Editorial Mc. Graw Hill.
4. MAYNARD HODSON WILLIAM K., Manual del Ingeniero Industrial, Cuarta Edición, Editorial Mc Graw Hill.
4. PINEDO MICHAEL, Planning and Scheduling in Manufacturing and Services, Editorial Springer
5. TAHA HAMDY A., Investigación de Operaciones, Sexta Edición, Editorial Prentice Hall.
6. www.monografias.com – Administración de Software.
7. www.monografias.com – Reconstrucción de la Arquitectura del Software.
8. www.inter.com – Evaluación del Software.
9. www.ddsoftware.com – Sistema de Gestión de Producción para Industrias y Fábricas

