UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

PROPUESTA DE UN DISEÑO PARA EL MANEJO DE INVENTARIO DE PRODUCTOS EN PROCESO EN UNA EMPRESA TEXTIL

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: Diez y nueve (19) puntos.

JURADO EXAMINADOR

Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: VICENTE NAROLITANO	Nombre: NINO PISCITELLI	Nombre: NESTOR LUBYNSKYJ

REALIZADO POR	Brs. Palma M., José Daniel Sarabia M., Yelice
PROFESOR GUIA	Ing. Nestor Lubynskyj H.
FECHA	Octubre, 1995

"Nadie puede cambiar la dirección del viento,
pero todos podemos ajustar nuestras velas
para que nos lleven a donde queramos ir..."
J.D.P.

DEDICATORIAS.

A Dios, por no abandonarme nunca, por guiarme y orientarme en la vida.

A mis Padres, por apoyarme siempre, por animarme a seguir adelante y a no perder la calma y muy especialmente por brindarme todo su amor, cariño y comprensión.

A todos mis hermanos, en especial a mi querida hermana Gily, por estar siempre a mi lado y por ayudarme cuando más lo he necesitado.

A todos aquellos amigos que me brindaron su apoyo en los últimos momentos,

Mil gracias a todos,

Yelice

A Dios por darme la oportunidad de vivir y compartir.

A mis Padres, que me han dado todo lo que han tenido a su alcance para prepararme en ésta nueva etapa de mi vida.

José Daniel

AGRADECIMIENTO.

Queremos agradecer a todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron con el desarrollo del presente trabajo, sin cuya ayuda hubiera sido imposible su realización. Preferimos mantenerlos en el anonimato, ya que nombrarlos implicaría el riesgo de omitir a algunos de ellos.

Nuestro más sincero y profundo agradecimiento a nuestro tutor y amigo, Ing. Nestor Lubynskyj H., por la orientación, ayuda, dedicación y confianza depositada en nosotros durante la realización de éste trabajo.

ÍNDICE

Índice General i

Índice de Tablas vi

Indice de Gráficos viii

Introducción ix

Sinopsis 1

Capítulo 1: Identificación de la Empresa 3

1.1 Objetivo de la Empresa 3

1.2 Trayectoria de la Empresa 3

1.3 Líneas de Productos 4

1.4 Organización de la Empresa 5

Capítulo 2: Formulación del Problema y sus Alcances 6

2.1 Definición del Problema 6

2.2 Justificación del Estudio 6

2.3 Objetivo General 7

2.4 Objetivos Específicos 7

2.5 Alcance 7

2.6 Limitaciones 7

2.7 Metodología general empleada en el estudio 8.a

Capítulo 3: Marco Teórico 9

3.1 Definición de la Industria Textil 9

3.2 Descripción del proceso textil 9

3.2.1 Planta Textil 9

3.2.1.1 Proceso de Hilado 11

3.2.1.2 Proceso de Preparación y Tejido 11

3.2.2 Planta de Acabado 12

3.2.2.1 Tintorería 12

3.2.2.2 Estampado 13

3.2.2.3 Apresto 13

3.2.2.4 Inspección Final y Empaque 14

3.3 Teoría sobre Inventarios 14

Capítulo 4: Análisis del Proceso 16

4.1 Característica de la Tela 16

4.2 Línea en Estudio 16

4.3 Diagnóstico de la Situación Actual 17

4.4 Tiempos de Respuesta de la Planta 19

4.4.1 Planta Textil 19

4.4.2 Planta de Acabado 20

Capítulo 5: Modelación 22

5.1 Propósito General del Modelo 22

5.2 Especificación de los Parámetros y Variables Asociados con los Componentes 22

5.3 Adquisición y Análisis de Datos 23

5.4 Caracterización del Modelo 28

5.5 Modelación del Departamento de Hilandería 29

5.5.1 Máquinas de Apertura y Limpieza 29

5.5.2 Líneas de Cardas 31

5.5.3 Manuares Mezcladores (Manuar 1er paso) 32

5.5.4 Manuares Acabadores (Manuar 2do paso 33

5.5.5 Máquina Autocoro 34

5.5.6 Máquina de Mechera 35

5.5.7 Máquina de Hilado Continuo 36

5.6 Modelación de los Departamentos de Pre-tejido y Tejeduría 36

5.6.1 Máquinas de Enconado 36

5.6.2 Máquina de Urdido 37

5.6.3 Máquina de Engomado 38

5.6.4 Telares 39

5.6.5 Inspección de Crudo y Almacén 40

5.7 Modelación de Planta de Acabado 40

5.7.1 Tren G.A.S. Sandoflex 41

5.7.2 Tren G.A.S. Lavado 42

5.7.3 Máquina Osceola 42

5.7.4 Máquina Rama 2 43

5.7.5 Máquina Sanforizadora 43

5.7.6 Inspección Final y Empaque 44

Capítulo 6: Simulación 45

6.1 Consideraciones Generales 45

6.2 Orden de Secuencia de la Producción 45

6.3 Validación del Modelo 45

6.4 Determinación del Tamaño de la Muestra 46

Capítulo 7: Análisis de los Resultados 48

7.1 Análisis del Comportamiento del Modelo 48

7.2 Análisis Económico 50

7.3 Análisis de Sensibilidad 53

7.4 Planteamiento de las Propuestas 58

Alternativa N# 1 58

Alternativa N# 2 60

7.5 Evaluación y Selección de las Propuestas 62

Capítulo 8: Conclusiones y Recomendaciones 65

8.1 Conclusiones 65

8.2 Recomendaciones 66

Glosario 68

Bibliografía 70

Tomo II: Anexo

Anexo A: Teoría de Simulación.

Anexo B: Teoría acerca del Programa I'Think.

Anexo C: Mapa y Ecuaciones del Modelo.

Anexo D: Obtención y análisis de datos de Planta Textil.

Anexo E: Obtención y análisis de datos de Planta de Acabado.

Anexo F: Matrices de Evaluación para la Línea de Producción.

INDICE DE TABLAS.

Tabla T.4.1: Tiempos de respuesta de Planta Textil 20

Tabla T.4.2: Tiempos de respuesta de Planta de Acabado 21

Tabla T.5.1: Capacidades de producción 26

Tabla T.5.2: Duración de las fallas 27

Tabla T.5.3: Tiempos entre fallas 27

Tabla T.5.4: Especificación de los portamateriales 27

Tabla T.5.5: Promedio de Producción de cada línea de cardas 31

Tabla T.5.6: Requerimientos de material por cada máquina Autocoro y Mechera 34

Tabla T.6.1: Número de replicas necesarias 46

Tabla T.7.1: Comparación de la producción: simulación vs. real,

Continuas y Autocoro 49

Tabla T.7.2: Comparación de la producción: simulación vs. real,

Autoconer y Telares 49

Tabla T.7.3: Comparación de la producción: simulación vs. real en Autocoro 50

Tabla T.7.4: Costo promedio estimado de productos en proceso:

Tránsito A y C 51

Tabla T.7.5: Costo promedio estimado de productos en proceso: Tránsito E 52

Tabla T.7.6: Costo promedio semanal de productos en proceso 53

Tabla T.7.7: Producción del departamento de tejeduría según el número de

telares activos 58

Tabla T.7.8: Tabla comparativa de las propuestas presentadas 63

Tabla T.7.9: Costo de inversión por cada alternativa.....63

Tabla T.7.10: Sensibilidad 6 58

INDICE DE GRÁFICOS.

Organigrama de Telares de Palo Grande C.A 5

Gráfica G.7.1: Sensibilidad 1 54

Gráfica G.7.2: Sensibilidad 2 55

Gráfico G.7.3: Sensibilidad 3 56

Gráfico G.7.4: Sensibilidad 4.a 57

Gráfico G.7.5: Sensibilidad 4.b 57

Gráfico G.7.6: Sensibilidad 5 56

INTRODUCCIÓN.

Actualmente, las empresas venezolanas han venido confrontando, en forma continua y creciente, nuevas y complejas situaciones que le exigen óptimos resultados de rentabilidad, productividad, reducción de costos, etc. Como es sabido, los inventarios de productos en proceso sirven de enlace entre las diferentes operaciones del proceso de producción, representando una inversión monetaria significativa para la mayoría de las empresas. Es por esto que se hace necesario la búsqueda de métodos de mejoramientos de manejo de inventarios, constituyéndose una valiosísima herramienta que les permiten a las actividades empresariales desarrollarse eficazmente en el área operativa.

Telares de Palo Grande C.A., al presentar problemas en el manejo de inventarios de productos en proceso, en varias de sus líneas de producción, surgió la motivación de llevar a cabo éste trabajo Especial de Grado aplicado a la línea de producción del género "Drill", que permita mejorar el manejo de éste producto.

La forma más conveniente de estimar el comportamiento de la línea de producción en estudio, es a través de la formulación de un modelo de simulación que represente la línea de producción al menos en sus operaciones principales.

Se utilizará un software especializado para simular el modelo y así obtener resultados acerca del comportamiento de la línea de producción que se podrá, a través de un análisis económico cumplir con el objetivo del trabajo, determinando así los niveles de inventario de productos en proceso.

De los resultados de este estudio se tomarán decisiones acerca de la programación de la producción y de las necesidades que la línea tenga para garantizar un normal desenvolvimiento de las operaciones.

SINOPSIS

El presente Trabajo Especial de Grado se propone estimar el comportamiento de la línea de producción de la empresa "Telares de Palo Grande C.A.". El objetivo general es la de proponer un diseño para el manejo de inventario de productos en proceso en varias de las secciones de la línea de producción con la finalidad de definir los requerimientos mínimos de material en la secciones de trabajo.

Para definir la línea de producción es necesario un análisis de todas las principales operaciones y de las variables que influyen sobre el proceso.

En lo referente a la organización general del trabajo, está integrado por ocho capítulos que presentan el siguiente contenido:

El capítulo 1, informa al lector acerca de la empresa donde fue realizado el trabajo.

El capítulo 2, plantea la problemática existente, además de definir la razón de realizar el siguiente trabajo, incluyendo los objetivos que éste persigue.

El capítulo 3, ambienta al lector con los términos y el proceso de fabricación de la tela.

El capítulo 4, presenta un análisis sobre el funcionamiento de la línea en estudio y todos los parámetros y variables que particularizan las operaciones.

El capítulo 5, contiene la estructura básica del modelo de simulación y las principales relaciones que existen entre las diferentes variables.

El capítulo 6, presenta un análisis preliminar de la funcionalidad del modelo de simulación, considerando algunos factores de suma importancia para la experimentación.

En el capítulo 7 se analizan los resultados evaluados bajo determinados criterios que permitan cumplir con el objetivo de éste trabajo.

En el capitulo 8 se presentan las conclusiones del trabajo, además de ofrecer algunas recomendaciones que puedan mejorar el sistema en estudio.

En el desarrollo de este trabajo se utilizan valores reportados en los Anexos D y E. El lector podrá disponer de esos valores para confrontar algún dato de especial interés. En los diferentes capítulos se usan estos valores sin colocar sus respectivas referencias, para no romper con la continuidad de la lectura.

CAPITULO 1: IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA.

1.1 Objetivo de la Empresa.

El principal objetivo de la empresa Telares de Palo Grande C.A., es la fabricación de hilados, tejidos planos de algodón, fibras artificiales (polyéster) y en general, realizar las diversas actividades productivas de la industria textil.

1.2 Trayectoria de la Empresa.

La empresa inicia sus actividades el 24 de Enero de 1920 en la esquina de Palo Grande de la Av. San Martín. En el año 1923, la compañía adquirió los activos de Telares de San Martín, aumentando la producción en un 40%. En 1950, la empresa incrementa su productividad y mejora las condiciones de trabajo con la adquisición de Hilandería de Algodón, dotada de 4.000 husos y 180 Telares automáticos, siendo necesario emplear 240 nuevos trabajadores. La primera Sanforizadora es adquirida e instalada en el año 1955 y se firma contrato con la Cluett Peabody para el proceso de sanforizado; rápidamente se logra la fabricación del Kaky Palo Grande Sanforizado. En 1958, adquirió un terreno de 80.000 m^2 en Caricuao, para la sede de la nueva planta surgiendo simultáneamente la perspectiva de una fusión entre Telares de Palo Grande C.A. y Telares Caracas, la cual se concreta en 1960 y se inaugura la nueva Planta el 9 de Febrero de 1961, con una capacidad instalada de 22.000 Husos, 400 Telares y 600 Trabajadores.

Actualmente, Telares de Palo Grande C.A. cuenta con una capacidad instalada para una producción promedio semanal de 36.000 Kg. de hilo y 27.100 Kg. u 81.740 metros lineales de tela. Debido al tipo de producto y la maquinaria que se utiliza se

requiere de una producción continua, por lo que se necesitan varios turnos de trabajo, repartidos en 3 turnos continuos de 8 horas cada uno para el personal obrero. Adicionalmente se cuenta con turnos normales de trabajo para el personal obrero y los empleados.

1.3 Líneas de Productos.

Las principales líneas de productos que ofrece la empresa son las siguientes:

a.) Hilados: Cubre la demanda interna y de las empresas relacionadas y/o asociadas a Telares de Palo Grande C.A.

b.) Telas: Este tipo de producto fabricado en algodón 100% y mezcla algodón polyéster, se vende al confeccionista en su mayor parte. La tela se clasifica según la utilidad a desempeñar.

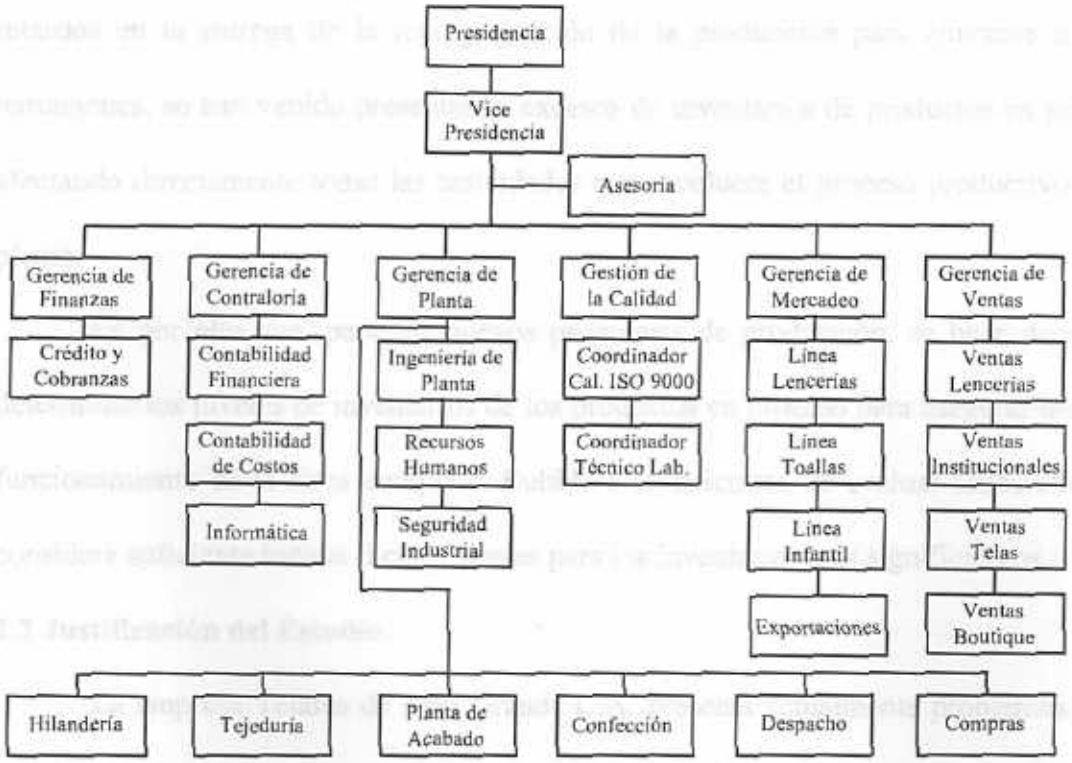
c.) Telas estampadas: Utilizadas en la elaboración de faldas, cortinas, fundas, etc. Así mismo se venden en menores proporciones a mayoristas, para la venta al detal.

d.) Telas industriales: Liencillo, Drill y Entretela. Estos tipos de telas están destinadas a ciertos accesorios de la industria de la confección de uniformes, fabricantes de colchones, etc. Estos productos se ciñen según las especificaciones dadas por los clientes. Son telas para la confección desarrolladas de tal manera que sean durables en cuanto al uso en el vestir.

e.) Telas para toallas y sábanas: Las toallas se elaboran con hilos teñidos previamente o sin teñir, y el en caso de las sábanas se estampan. Finalmente se confeccionan conforme a diseños exclusivos.

f.) Desperdicios Recuperables: Durante el proceso de peinado del algodón, se eliminan las fibras cortas que representan aproximadamente el 15% de ésta materia prima, las cuales son empacadas y vendidas a fabricantes de coletos, mopas y rellenos para colchones, almohadas, etc. Así mismo, los restos de hilo son empacados y vendidos a empresas fabricantes de estopas. Finalmente, los retazos de telas provenientes de Tintorería y Acabados también son vendidos de acuerdo a su peso.

1.4 Organización de la Empresa.



Nota: Este organigrama no contempla ni establece niveles.

Fecha de Elaboración: 28/03/95

Elaborado por: E.E.

CAPITULO 2: FORMULACIÓN DEL PROBLEMA Y SUS ALCANCES.

2.1 Definición del Problema.

En la actualidad, la empresa Telares de Palo Grande C.A. se encuentra en un proceso de optimización de sus procesos productivos, en búsqueda de un mejoramiento de sus actividades y evitar los frecuentes problemas que viene confrontando la empresa en el manejo de los inventarios.

Debido a la alta variabilidad de la demanda y la imposibilidad de definir una metodología que permita estimar los volumenes de ventas, aunado a esto los frecuentes retardos en la entrega de la reprogramación de la producción para ajustarse a estas variaciones, se han venido presentando excesos de inventarios de productos en proceso afectando directamente todas las actividades que involucra el proceso productivo de la planta.

Es por ello que, para los nuevos programas de producción, se hace necesario determinar los niveles de inventarios de los productos en proceso para asegurar un buen funcionamiento de la línea completa. Debido a la dificultad de evaluar todos ellos, se considera suficiente indicar dichos niveles para los inventarios más significativos.

2.2 Justificación del Estudio.

La empresa Telares de Palo Grande C.A. presenta actualmente problemas en el manejo de inventario de productos en proceso en varias de sus líneas de producción, afectando el buen desenvolvimiento de las fases productivas de la empresa, por lo que surge la motivación de llevar a cabo éste trabajo especial de grado aplicado a la línea de producción del género Drill, que permita mejorar el manejo de éste producto.

2.3 Objetivo General.

Definir un proceso de manejo de inventario de productos en proceso.

2.4 Objetivos Específicos.

a. Reducir el exceso de inventario de productos en proceso.

b. Mejorar el flujo de productos en proceso en la línea de producción.

2.5 Alcance.

Se tomarán las decisiones necesarias para asegurar un buen comportamiento de la línea de producción del género "Drill".

2.6 Limitaciones.

- La determinación de los niveles de inventario a través de la evaluación económica tomará en cuenta sólo lo referente al costo de producción, ya que los otros factores involucrados en los análisis de este tipo (costos de almacenamiento, costos por escasez de material o costos de oportunidad, etc.), no cuentan con una base sólida de información de los mismos, que permita realizar un análisis más detallado de los costos que involucran el manejo de los inventarios.
- Para el departamento de Hilandería, sólo se contará con los datos de producción de las máquinas involucradas y no se tomarán en cuenta las demoras y los tiempos de fallas, debido a que no se lleva un control sobre la producción de éste departamento, por lo tanto no se podrá registrar esta información.
- La mayoría de los datos relacionados con las características operacionales de los equipos que se emplean en el proceso de producción, no cuentan con una base estadística sobre el comportamiento de la misma, por lo que éstas fueron obtenidas a

través de la información suministrada por los supervisores y operarios de éstas máquinas, siendo ésta información poco confiable, además de las pocas mediciones en campo realizadas en el poco tiempo de estudio.

- Se asumirá que el porcentaje de material de desperdicio que se recicla en las secciones de producción de Planta Textil es despreciable con respecto a la cantidad de materia prima utilizado en la producción, ya que no se dispone de toda la información sobre el destino de éste material.

2.7 Metodología general empleada en el estudio.

Para la obtención de los resultados y de acuerdo a los objetivos del estudio , la metodología empleada fue la siguiente:

Fase I: Documentación sobre el Proyecto.

Se llevó a cabo con el propósito de conocer aspectos relacionados con el sistema en estudio, específicamente los volúmenes de ventas, la demanda actual del producto, control del inventario actual, estudio de la producción y rotación de las existencias, es decir , conocer la situación actual en que se encuentra la gestión de inventarios así como aspectos relacionados con el funcionamiento de la línea de producción en estudio y las variables que la afectan.

Fase II: Levantamiento preliminar de la información.

Para la recolección de la información se emplearon 3 fuentes distintas, entre las cuales se encuentran:

1. Hojas de producción existentes suministradas por los departamentos de Métodos y Medición y Planificación de la Producción.
2. Entrevistas informales al personal de producción, incluyendo supervisores y operarios de cada área de trabajo, así como aquellas realizadas a los departamentos de Ventas y Almacén.
3. Adicionalmente se empleó la observación y medición directa en aquellos casos en que no se disponía de información necesaria. Las variables determinadas en los estudios realizados fueron las capacidades de producción de cada una de las máquinas tanto en Planta de Acabado como en Planta Textil, así como los requerimientos de algodón

para el género en estudio. El procedimiento a seguido para recolectar dicha información fue el siguiente:

2.7.1 *Capacidades de Producción:*

2.7.1.1 Cardas:

a.) Se midió las velocidades angulares de las *calandras* con ayuda de un tacómetro digital.

b.) Se calculó el número de muestras necesarias.

c.) Se realizó un análisis de varianza para poder asumir que el comportamiento de todas las cardas pertenecientes a una misma línea tienen igual capacidad de producción.

d.)Se determinó la producción de las cardas, a través de una relación de esta producción con el diámetro de la *calandra,* el título de la cinta y la velocidad de la *calandra*.

2.7.1.2 Capacidad de la Reserva:

a.) Se alimentó ésta máquina hasta que estuviese completamente llena.

b.) Se detuvo el suministro de algodón, con la finalidad de no seguir alimentando la misma mientras ésta descargaba el material.

c.) Se hizo funcionar las dos líneas principales de cardas.

d.) Se tomó el tiempo que tardó en descargarse la Reserva.

e.) Se calculó la capacidad de la Reserva con este tiempo medido según las capacidades de producción de las cardas.

2.7.1.3 Tren gas, Osceola, Rama a gas, Sanforizadora:

En este caso se determinó las capacidades de producción de las máquinas que procesan el Drill en Planta de Acabado de la siguiente forma:

a.) Se determinó los tiempos muertos por jornada de trabajo en cada proceso.

b.) Se calculó el tiempo laborable restando estos tiempos muertos de la jornada de trabajo diario.

c.) Se obtuvo la capacidad de producción multiplicando el tiempo laborable por la velocidad de operación.

2.7.2 *Requerimientos de algodón para producción del Drill:*

En vista de que el material que se produce en los manuares acabadores, es decir, las cintas de algodón dispuestas en potes pequeños, es destinada tanto para el Drill como para el resto de los géneros, fue necesario calcular qué porcentaje del algodón total producido corresponde para el producto en estudio. Este cálculo se realizó de la siguiente forma:

a.) Se asumió que el requerimiento de material de las máquinas que procesan los otros géneros es igual al de las máquinas en estudio, ya que poseen las mismas características de operación y de diseño.

b.) Se calculó el total de kilogramos requeridos por proceso según el número de máquinas funcionando, tanto para el Drill como para los otros géneros.

c.) Se totalizó y luego se dividió cada valor entre este total, para de esta forma obtener el porcentaje de material destinado para la producción del género Drill.

Fase III: Análisis de la información.

Una vez recolectada toda la información necesaria, se procedió a su análisis para lo cual se analizaron los procesos actuales y comparar con resultados obtenidos anteriormente.

Por otra parte en la selección de las variables utilizadas en la herramienta empleada para diseñar el proceso, se utilizó como herramienta de apoyo la Matriz Motricidad-Dependencia o de Impacto Cruzado, que ubica cada una de las variables estudiadas dentro de cuatro zonas: de poder, de salida, de conflictos y zona de problemas autónomos y a través de esta se conoce la influencia que una variable determinada posee sobre las demás, evaluando como "mueve" a las otras y cual es su dependencia ante ellas.

Por último se llevaron a cabo análisis estadísticos como pruebas de bondad de ajuste, cálculo del tamaño de muestra y análisis de varianza.

Fase IV: Diagnóstico de la situación actual.

Luego del análisis de la información se logró detectar cuáles eran las causas que ocasionaron el exceso de inventario, así como otros problemas inherentes al proceso productivo.

Fase V: Diseño del proceso.

La herramienta empleada para el diseño del proceso fue la técnica de simulación, para lo cual fue necesario definir las fronteras o límites del sistema en estudio, realizar análisis estadísticos, construir el modelo de simulación, validarlo, generar entradas a dicho modelo y efectuar análisis de sensibilidad así como analizar los datos simulados, todo esto para seleccionar la propuesta de este trabajo especial y elaborar las conclusiones y plantear algunas ecomendaciones que puedan mejorar el sistema estudiado.

CAPITULO 3: MARCO TEÓRICO.

3.1 Definición de la Industrial Textil.

La industria textil, asociándola con el proceso textil se puede definir como: la encargada de la transformación de una masa de fibras textiles sueltas, heterogéneas y de diversas longitudes en un cilindro homogéneo de diámetro, peso y longitud determinada, denominado *hilo*. El hilo a su vez, es susceptible de cambios en cuanto a forma de envase, grosor, y forma de procesar que al entretejerse una fibras con otras, se convierte finalmente en la tela o producto final. Este producto final puede cambiar de apariencia resultando los 3 tipos principales de telas: crudas, teñidas y estampadas.

3.2 Descripción del Proceso Textil.

"Telares de Palo Grande C.A.", utiliza principalmente como materia prima: algodón y como fibra artificial el polyéster, las cuales son recibidas en un almacén destinado para ellas con control de temperatura y humedad. La materia prima llega a la empresa en forma de pacas comprimidas, las cuales son desplegadas y liberadas de sus envolturas, y se les toma la muestra exigida por el departamento de Control de Calidad de Materia Prima para su correspondiente clasificación. Telares de Palo Grande C.A. se divide en dos grandes secciones o planta de producción: Planta Textil, encargada de producir los hilos y las telas y Planta de Acabado, encargada de darle tratamiento a las telas según las especificaciones definidas por la empresa o por el mercado.

3.2.1. **Planta Textil**. Comprende la Apertura, Limpieza, Pretejido y Tejido. A decir:

El proceso se inicia con la *Apertura y Limpieza* del algodón empleando una máquina denominada "Optomix", la cual se encarga de abrir, mezclar y limpiar la

materia prima en pacas, previamente tendida en el suelo[1] lo más homogénea posible. La materia prima es procesada según un número de mezcla específico por ser las pacas de algodón y las fibras no naturales (polyéster) de procedencias y calidades diferentes. Posteriormente se envía el material a un segundo equipo llamado "Inclinado", el cual tiene el mismo propósito de la "Optomix", continuar separando las fibras para que de ésta manera todos aquellos elementos naturales que acompañan al algodón (pequeños pedazos de tallo, fibras muertas, polvo, semillas, etc.) sean apartados de las fibras buenas y ésta quede parcialmente limpia. Al salir de las cámaras de limpieza, la materia prima es descargada en un depósito de reserva y transportada luego por unos ductos "Flock Feed", los cuales alimentan unas pequeñas reservas denominada "Chute Feed", encargadas de alimentar en forma continua unas máquinas denominadas *Cardas*, que forman una manta uniforme a lo largo de su longitud mejorando la limpieza de la fibra y dándole una primera orientación disponiéndolas en forma paralela unas con otras, eliminando las fibras cortas productoras de Neps y causantes de la mayoría de los revientes y, finalmente, transformando la manta en una cinta de *Titulo* y calidad requerida, depositándose en tambores especiales para su posterior traslado a la sección ó área de Manuares, Reunidoras y Peinadoras.

Las cintas que pasan por el Manuar son reunidas con el objetivo de compactar y homogeneizar las cintas de algodón, por medio de doblaje y estiraje, perfeccionando la mezcla de la materia prima. Las cintas con destino a las Peinadoras son pasadas en un primer lugar por las Reunidoras, las cuales forman un rollo de 16 cintas enrolladas sobre

[1] 45 pacas en total entre pacas de algodón nacional e importado.

un cilindro, sin realizar ningún estiramiento ni orientación de las fibras, luego las cintas reunidas pasan por las Peinadoras, las cuales, como su nombre lo indica, peina las fibras de algodón y elimina los Neps, fibras cortas y otras materias extrañas que hayan logrado escapar de las Cardas; esto con la finalidad de producir hilo, y posterior tela, de mayor calidad.

3.2.1.1. Proceso de Hilado. *Método Convencional*: Las cintas elaboradas por varios pases de Manuares, Reunidoras y Peinadoras son llevadas a las filetas de Mecheras, donde, por efecto de un sistema de estiraje y torsión, se elabora una bobina de mecha con un título determinado. Esta bobina de mecha se lleva a las máquinas de Hilatura Continua en donde, por otro efecto de torsión y estiraje, se obtiene un hilo de un cierto grosor o Título (el cual varía entre Ne 16 y 41).

Método de Cabo Abierto (*Autocoro*): En general los títulos gruesos (Ne 12-16-22), se elaboran en la máquina Autocoro, la cual forma el hilo con fuertes corrientes de aire. Entre ésta máquina y las Cardas sólo existe un proceso de homogeneización de las fibras, efectuadas por varios pases de Manuar.

3.2.1.2 *Preparación y Tejido*. El hilo proveniente de Contínuas es llevado a las Enconadoras donde se almacena en forma ordenada sobre conos plásticos o metálicos. Estos últimos son utilizados para teñir el hilo directamente. Las Enconadoras tienen un sistema automático o un dispositivo purgador que hace posible la eliminación de aquellos defectos que se consideran perjudiciales en el hilo y en el tejido.

Los portahilos o conos son llevados a la Urdidora, en donde se colocan en un solo haz de un promedio de 512 hilos, de un mismo título y torsión, de forma paralela y

sin cruzarse unos con otros. Este haz es colocado en Anti-plegadores, los cuales son llevados a una máquina de "Engomado"[2], en donde se unen varios anti-plegadores para formar "Plegadores ó Madejas" comunes con mayor cantidad de hilos y el cual serán los hilos de *Urdimbre* en el telar. El proceso incluye pasar los hilos por una solución de "Goma" y cera para evitar que se peguen unos con otros y darle una mayor resistencia a los hilos y evitar su rotura en los telares. Por otro lado, los hilos proveniente de la Autocoro (en el caso del 12.2 Ne) pasan directamente a los Telares para alimentarlos en forma de *Trama*. La operación de tejido se efectúa con una serie de movimientos sincronizados, donde se entrelaza la Trama y la Urdimbre para formar la tela. Por medio de las diferentes maneras de ser entrelazadas la Trama y la Urdimbre se forma los diversos tipos de tela, siendo este producto denominado "Tela Cruda". Posteriormente, la tela cruda es inspeccionada eliminando los nudos, plantas de hilo sobrante y otras deformaciones, para ser clasificada de acuerdo a la cantidad de defectos que presente la misma.

3.2.2. **Planta de Acabado**. Comprende la Tintorería, Estampado y Apresto. A decir:

3.2.2.1. Tintorería: En esta sección se aplican a las telas los lavados necesarios, para luego teñirla, según los siguientes pasos:

a) *Desengomado y Descrude*: Limpia al género de las impurezas que trae la materia textil, así como elimina los productos de engomado que fueron puestos en la preparación de los hilos de urdimbre para el telar. Posteriormente a la tela se le

[2] Las Engomadoras son alimentadas con anti-plegadores procedentes de la Urdidora, en un número calculado según la densidad de Urdimbre necesaria, para obtener un plegador definitivo. Estos Plegadores son transportados a los telares donde los hilos son pasados por los marcos y los peines del telar, quedando listo para el proceso de tejido.

agrega una solución salina para conferirle a las fibras cierto brillo, lograr la estabilidad dimensional y permitir un mejor rendimiento en los teñidos, ya que los productos químicos agregados en este proceso "hinchan" la fibra para aumentar la capacidad de absorción del colorante.

b) *Lavado*: La tela, después de pasar un tiempo estacionario, es enjuagada para extraer la mayor cantidad de productos químicos sobrantes de los procesos anteriores y así evitar el deterioro de la tela.

c) *Blanqueado*: Se procesa la tela con mayor o menor intensidad de blanqueo, dependiendo si la tela va a ser blanqueada o si va a llevar un tratamiento superficial (en caso de teñir la tela con colores claros).

d) *Teñido*: Es la aplicación por inmersión o impregnación de una solución colorante a la tela. Este teñido es efectuado en diferentes maquinarias: Barcas (tiñe telas de paños, sábanas y toallas), Continuas (Tiñe, lava, seca y termofija telas para driles y entretelas), Jigger (desengoma, blanquea y tiñe telas anchas).

3.2.2.2. *Estampado*: Tiene como finalidad el imprimir las figuras que se deseen (hasta 8 colores diferentes en forma simultánea), sobre telas blanqueadas o teñidas. Esto se logra a través de cilindros rotatorios que tienen diseños ya grabados.

3.2.2.3. *Apresto*: Proceso que ajusta el ancho apropiado a la tela y en algunos casos da cuerpo y rigidez a la misma; en otros casos, confiere un tacto suave cuando se emplea como solución de apresto químicos suavizante. Este proceso es llevado a cabo en la máquina rama a gas.

Existe un proceso adicional para la tela del tipo Drill, realizado en la máquina Sanforizadora, el cual tiene la finalidad de encoger gradualmente la tela a un ancho establecido para estabilizar el tejido y evitar posteriores deformaciones, además de que elimina las tensiones latentes en las fibras de los tejidos, tras los esfuerzos a que han sido sometidos durante las diversas operaciones de acabado.

3.2.2.4. *Inspección Final y Empaque*: Finalmente, la tela es sometida a una serie de ensayos físicos en el Laboratorio de Telas, si es aprobada se procede a la inspección final; en caso contrario la tela es reprocesada con el fin de solventar la anormalidad que posea. En la inspección final, la tela se clasifica según su calidad: Primera, Segunda y Retazos, se empaca en rollos o se cortan en piezas de tamaño comercial, según previo acuerdo con el comprador, y es enviada al almacén de productos terminados para su posterior despacho.

3.3 Teoría sobre Inventarios.

Los inventarios de productos en proceso son un almacenamiento de productos que permiten la conducción de cada uno de las principales operaciones del proceso en forma relativamente independiente. Por supuesto existen interacciones las cuales no son tan marcadas como sería el caso si se tratará de trabajar en cada uno de las operaciones con un abastecimiento instantáneo. En este último caso, cualquier interrupción del flujo en una operación del proceso afectaría rápidamente todas las etapas siguientes. En cambio, los inventarios permiten que estas interrupciones puedan ser absorbidas durante algún tiempo.

Esta es una de las razones importantes de por qué los inventarios de productos en proceso dentro de una fabrica desempeñan una función tan significativa. En una línea de producción, los inventarios son una función de enlace entre las diferentes operaciones.

Estos inventarios entonces son requeridos por la misma estructura del sistema y son de vital importancia para su funcionamiento. Siendo los inventarios en si muy costosos y resultando muy difíciles encontrar el espacio físico necesario para su almacenamiento se es necesario mantener una política de administración y control de la producción que permita un correcto manejo de los mismos.

El inventario de un producto cualquiera tiene dos componentes: inventario de trabajo e inventario de seguridad.

-) El inventario de trabajo es la cantidad necesaria para satisfacer la demanda estimada durante el tiempo de corrida de la producción.

-) El inventario de seguridad es una cantidad adicional que absorbe la variación de la demanda y/o las variaciones del tiempo entre corridas de la producción. Este inventario llamado Stock pueden incluirse en los planes de producción de manera que los niveles de producción no tengan que cambiar para enfrentar las variaciones *aleatorias* de la demanda.

CAPITULO 4: ANÁLISIS DEL PROCESO.

4.1 Característica de la Tela.

	Género: Drill	Referencia: 11131
Ancho de Tela:	Crudo = 165,50 cm.	Acabado = 150,00 cm.
Peso Prom. de Tela	Crudo: 232,2 gr./m^2	Acabado: según el color.
	Hilos/pulg (Urdim.): 88,29	Pasadas/pulg (Trama): 45

4.2 Línea en Estudio.

Una vez presentado todo el proceso de producción de la tela, se procederá a definir hacia que parte de éste se dirige el estudio.

Se estudiará el proceso desde la alimentación de la materia prima, hasta la obtención final del producto analizando particularmente la fabricación de la tela del género Drill.

Se fundamenta éste trabajo en los 15 procesos, ya que para la determinación de los niveles de inventarios de productos en proceso es estrictamente necesario conocer el número de cargas (kilogramos y/o metros) a producir diariamente y por lo tanto cuántos de estos pasan al proceso siguiente.

No se analiza el proceso de fabricación de los componentes que se utilizan en la preparación de la tela, como lo es la solución de engomado en Planta Textil y los productos químicos en Planta de Acabado, ya que el inventario de éstos no es la principal causa de retrasos en la producción, debido a que su capacidad de almacenamiento se considera grande y por lo tanto su falta es poco frecuente (a no ser

por la escasez de estos productos en el mercado o fallas en la elaboración de los programas de producción).

Para el estudio del comportamiento de ésta línea de producción, se empleará la técnica de simulación la cual conducirá a un mejor entendimiento de la misma, además de proporcionar información que dificilmente se obtendría de otra manera.

La decisión de utilizar el software de simulación I´Think tiene varias razones fundamentales:

a.) Es un lenguaje sencillo de fácil compresión que utiliza sólo 4 elementos generales y es muy amigable al usuario.

b.) Tiene acceso a cualquier computadora, bajo costo del software y facilidad de hallarlo en el mercado.

c.) La gran flexibilidad del programa permite una fácil adaptación del modelo, en el caso de que hubiese cambios en la línea, tanto en la producción como en la instalación de nuevas máquinas.

4.3 Diagnóstico de la Situación Actual.

Una vez realizado el análisis preliminar de los procesos productivos, estudiando su comportamiento y metodología de trabajo, incluyendo el manejo de la información, se ha llegado al siguiente diagnóstico con respecto a los requerimientos actuales para el manejo de los inventarios de productos en proceso, presentando las siguientes características:

- A excepción de los almacenes de hilos (tanto de urdimbre como el de trama), no existe información inmediata acerca de la situación actual de los materiales

existentes, es decir, no se sabe si ocurrirá el agotamiento del mismo, al menos que se haga un seguimiento visual del consumo del material.

- El control de la producción en el área de Hilandería, específicamente en Apertura-Limpieza y Cardas, se realiza de manera visual, en donde el coordinador de la zona determina cuando debe efectuarse el cambio de mezcla y los arranques y paradas de producción, sin llevarse un control o procedimiento estricto del proceso, ni cuanto debe ser la cantidad de material a producir.
- En la sección de Pre-tejido, específicamente en la sección de las Autoconer ó máquinas enconadoras, existe un descontrol en el manejo de la producción en cuanto a cual debe de ser la capacidad de producción en base a la cantidad de material que recibe, presentando frecuentes paradas de las secciones de trabajo de éstas máquinas por escasez de material.
- El Departamento de Inspección de Crudo en Planta Textil, presenta un fuerte acumulamiento de material debido a la baja producción en Planta de Acabado, causado por una alta frecuencia de paradas de máquinas, debido al frecuente incumplimiento de los programas de mantenimiento preventivo, además de presentarse una fuerte caida de las ventas de este producto.
- La entrega de tela cruda a la sección de Planta de Acabado, por parte del Departamento de Inspección de Crudo, no se hace estrictamente según una orden de solicitud en base a datos actuales de la demanda de la tela, ocasionando muchas veces acumulación excesivo de tela al inicio del proceso de preparación (desengomado y descrude).

- En Planta de Acabado, no se mantiene una información actualizada de la ubicación inmediata de los lotes, obligando a mezclar lotes distintos por carecerse de información real sobre el "consumo" de cada lote solicitado al departamento de Inspección de Crudo.
- Las soluciones químicas que alimentan cada uno de los procesos en Planta de Acabado, no están preparadas en las cantidades adecuadas según el programa de producción diario. Por esta razón, los tiempos de paros aumentan debido al largo tiempo que se dedica en la preparación de dichas soluciones.

Basándose en el diagnóstico señalado anteriormente, podemos concluir que los procesos utilizados actualmente para la determinación de los requerimientos de materiales a procesar, se trabajan de forma no expedita, lo que ha originado retardos en la toma de decisiones por falta de información a tiempo acerca de los inventarios. Estos retardos se van acrecentando por la carencia de automatización de la información.

4.4 Tiempos de Respuesta de la Planta.

4.4.1 *Planta textil*: Para la determinación de los tiempos de respuesta en cada uno de los procesos, la base de trabajo estará definida por las cantidades producidas por cada máquina y su tiempo en producirla. Los ciclos de producción son denominados *Levadas*, éstas fueron determinadas por mediciones directas en el caso de las máquinas del departamento de Hilandería y para las máquinas del departamento de Tejeduría fueron obtenidas a través de las hojas de producción suministrada por los supervisores.

Para mayores detalles, estos tiempos de respuestas se presentan en la tabla t.4.1.

Proceso	Máquina	Portamaterial	Cantidad Kgs.	Unid. por Levada	Tiempo Levada
Apertura	Inclin - Opt.	- - - - -	9.138,6	45 pacas	Variable
Cardado	Carda	Pote Grande	40,00	40,0 Kg.	≈ 2,50 Hr.
Manuar 1er	Manuar	Pote Mediano	27,30	6.000 mt.	≈ 20 min.
Manuar 2do	Manuar	Pote Pequeño	16,00	3.500 mt.	≈ 15 min.
Hilado Rotor	Autocoro	Portahilo Trama	487,87	168 conos	≈ 8,10 Hr.
Mechera	Mechera	Bobina Mechera	166,08	96 bobinas	≈ 56,8 min.
Hilado Anillo	Continua	Bobina Continua	57,70	312 bobinas	≈ 5,50 Hr.
Enconado	Autoconer	Cono Portahilo	99,50	50 conos	≈ 1,15 Hr.
Urdido	Urdidora	Anti-plegador	530,84	1 anti-pleg.	≈ 59,3 min.
Engomado	Sucker	Plegador	445,90	1 plegador	≈ 1,08 Hr.
Tejido	Telar	Cilindro	313,00	2 cuerpos	≈ 45,85 Hr.

Tabla T.4.1: Tiempos de respuesta de Planta Textil.

4.4.2 *Planta de Acabado*: El tiempo de respuesta de esta sección comprende el tiempo desde que la tela pasa por la máquina "Tren G.A.S."[1], hasta que es revisada en inspección final, una vez efectuado todos los tratamientos que le darán a la tela la apariencia final.

Los cálculos del tiempo de respuesta se realizaron para 4.824 mts de tela (que representa el metraje promedio por cada portamateriales) y suponiendo que el metraje se mantiene constante durante todo el proceso. Estos datos fueron obtenidos de los reportes de producción. Para mayor información ver tabla t.4.2.

Para mayor detalle acerca de los cálculos de los tiempos de respuesta de cada proceso ver anexo E.

[1] Tren G.A.S.: Greenville - Artos - Sandoflex.

Proceso	Máquina	Portamaterial*	Tiempo del proceso
Des.- Descr-Sand.	G.A.S.	Burro	≈ 3,16 Hr.
Rotación	- - - - -	Burro	≈ 4,0 Hr.
Sandoflex	G.A.S.	Burro	≈ 3,26 Hr.
Teñido	Osceola	Burro	≈ 3,33 Hr.
Apresto	Rama 2	Burro	≈ 5,08 Hr.
Sanforizado	Sanforizadora	Burro	≈ 6,07 Hr.
Insp. Final	Revisadora tela	Burro	≈ 33 mt/min.

* Referido para un metraje promedio de 4.824 mts por cada portamaterial

Tabla T.4.2: Tiempos de respuesta de Planta de Acabado.

CAPITULO 5: MODELACIÓN.

5.1 Propósito General del Modelo.

El propósito general del modelo es el de estimar el rendimiento del sistema, en cuanto a la detección de posibles "cuellos de botellas" y escasez de material en cada uno de los departamentos o secciones de producción, bajo un conjunto planeado de condiciones.

5.2 Especificación de los Parámetros y variables asociados con los componentes.

En la selección de las variables utilizadas en la modelación de la línea de producción en estudio, se empleó como herramienta de apoyo, la Matriz Motricidad-Dependencia ó de Impacto Cruzado[1]. Ésta matriz define cuatro zonas que son: Zona de Poder, Zona de Salida, Zona de Conflictos y Zona de Problemas Autónomos, que permiten conocer la influencia que una variable determinada posee sobre las demás, evaluando como "mueve" a las otras y cual es su dependencia ante ellas.

De éste análisis se tomaron aquellas variables que por su importancia, tienen una influencia significativa que de una u otra manera afectan el buen desenvolvimiento de la línea de producción.

Las variables exigidas por el modelo son las siguientes: capacidades de producción, velocidades de las máquinas y tiempo de producción de cada proceso, adicionalmente con la herramienta de análisis se incluyeron los turnos de trabajo y eficiencias por máquina, tiempos de paros, duración de las fallas, desperdicios, número de máquinas y portamateriales disponibles para producir el género de tela especificado.

[1] Para mayor información sobre ésta herramienta, ver anexo F.

En el modelo se representarán la mayoría de estas variables mediante distribuciones de probabilidad.

5.3 Adquisición y Análisis de Datos.

A efectos del modelo se necesitó adquirir las capacidades instaladas de cada máquina con el fin de obtener la eficiencia y rendimiento de las mismas.

En el caso de las Cardas se tomaron muestras aleatorias (ver anexo D) de la velocidad de la máquina de la siguiente manera:

Con la ayuda de un Tacómetro digital[2], se midieron las velocidades angulares de las *calandras*, una vez obtenida la velocidad de salida de la cinta de la máquina, y relacionando ésta con el título de la cinta que se procesa, se obtuvo la cantidad de material que la máquina descarga en unidades de Kg./Hr., según la relación:

Producción = Veloc. Caland. (r.p.m.) × Diámetro Caland (mt.) × ∏ × Título de cinta (Kg./mt.) × 60

Las capacidades de producción de las máquinas de Apertura y Limpieza: Optomix, Inclinado N# 1 y N# 2, Flock Feed y Chute Feed de las Cardas se obtuvieron de la siguiente manera, por carecerse de información estadística: se alimentó la *Reserva* hasta que estuviese llena, luego se pararon tanto los Inclinados como la Optomix, que corresponde la alimentación de la Reserva, con la finalidad de que no se siguiese alimentando la misma mientras ésta descargaba el material. Se puso a trabajar las dos líneas principales de Cardas y de ésta manera se tomó el tiempo que tarda en descargarse la reserva, sabiendo previamente la capacidad de producción de las líneas de cardas.

[2] Contador de revoluciones. Éste Tacómetro reporta diferentes unidades de medición. La unidad medida fue r.p.m.

Con este tiempo medido, y con las capacidades de producción de las Líneas, se calculó la capacidad de la Reserva siendo ésta aproximadamente de 250 Kg. Para este caso los valores de tiempo de descarga como fueron semejantes durante tres mediciones y previa confirmación por parte de los operarios del sector, se consideró que no era necesario tomar gran cantidad de éstas, en favor de la producción del área, ya que cada parada de este tipo, representa un considerable tiempo ocioso tanto para los operadores como para las máquinas.

Igualmente para el área de Mecheras, Contínuas, Enconadoras, Urdidora, Engomadora y Telares, se determinaron sus capacidades de producción reales con mediciones en campo y comparándose con las datas que se manejan en el departamento de Métodos y Medición adscrita a la Gerencia de Ingeniería de Planta, para determinar su producción media estándar y aplicarle un factor de eficiencia esperada, que no es más que el promedio de eficiencia reales obtenidas durante un cierto período de producción de las máquinas y así obtener la producción esperada de las mismas. Una vez analizados estadísticamente, se comprobó que estos datos se correspondían con distribuciones probabilísticas conocidas, por lo que fueron integradas al modelo obedeciendo a dichas distribuciones.

Los datos de las máquinas que procesan el Drill en Planta de Acabado, se obtuvieron de los reportes de producción diarios otorgados por el Departamento de Planificación de la producción. Los mismos contienen datos concernientes a las velocidades de las máquinas, producción real, eficiencias, metraje de los portamateriales, entre otros.

Adicionalmente, se recopilaron los datos de ventas del año 93, 94 y primer semestre del 95 para determinar los colores de telas que más se venden, y por ende los de mayor producción.

Una vez adquiridos todos los datos, se hizo un estudio de los tiempos entre fallas y la duración de las mismas para las máquinas de Planta de Acabado ya que en ellas, las mayoría de los paros de producción son originados por fallas mecánicas. Este se realizó a través de los reportes de producción, los cuales contienen la información correspondiente a la máquina, tiempo de paro de la misma, y un código que representa la causa del paro. Se tomaron entonces, varios reportes correspondientes a fechas diferentes de las semanas de producción del año 1995, obteniéndose de ellas la cantidad de veces que se paraba cada máquina sin distinguir la causa del mismo. Posteriormente fueron procesados, comprobándose que la cantidad de muestras tomadas eran suficientes, y por otro lado, se obtuvo como resultado que los datos obedecían a distribuciones probabilísticas conocidas.

Los análisis estadísticos que se aplicaron a estos datos, fueron en la mayoría de los casos, contraste X^2 de bondad de ajuste, y el cálculo de un tamaño de muestra, que cumpla con un 95% de confianza, y con un nivel de significación del 5%, valores que son utilizados por el departamento de Métodos y Medición en sus estudios estadísticos.

A continuación se presentan las tablas t.5.1, t.5.2 y t.5.3 que resumen los resultados del procesamiento de todos los datos adquiridos, para los equipos involucrados en el estudio.

Equipo	Unidad	Producción
Optomix	Kg.	350/hr
Inclinado 1	Kg.	350/hr
Inclinado 2	kg	350/hr
Reserva	kg.	----
Línea 1 Cardas	kg.	145,28/hr
Línea 2 Cardas	kg.	240.48/hr
Línea 3 Cardas	kg.	78,05/hr
Manuar 5	mt.	450/min
Manuar 6	mt.	450/min
Manuar 11	mt.	450/min
Manuar 14	mt.	495/min
Manuar 15	mt.	495/min
Mechera 6	mt.	34,25/min
Continua 1	hank	1,07/hr
Continua 2	hank	1,07/hr
Continua 3	hank	1,07/hr
Continua 4	hank	1,07/hr
Continua 5	hank	1,07/hr
Continua 6	hank	1,07/hr
Autoconer 9	mt.	900/min
Urdidora	mt.	800/min
Engomadora	mt.	50/min
Telar 241	mt.	9,82/hr
Telar 242	mt.	9,82/hr
Telar 252	mt.	9,82/hr
Telar 253	mt.	9,82/hr
Telar 254	mt.	9,82/hr
Telar 274	mt.	9,82/hr
Telar 277	mt.	9,82/hr
Telar 285	mt.	9,82/hr
Telar 286	mt.	9,82/hr
Telar 297	mt.	9,82/hr
Telar 396	mt.	9,82/hr
Revis. de Tela	mt.	867/hr (Drill)
Tren G.A.S.	mt.	34,5/min
Osceola	mt.	variable
Rama 2	mt.	24/min
Sanforizadora	mt.	20/min

Tabla T.5.1: Capacidades de producción.

Equipo	Distrib. Probabilidad	Media
Tren G.A.S. Lavado	exponencial	2,20
Tren G.A.S. Sandof.	exponencial	2,20
Osceola	exponencial	1,23
Rama 2	exponencial	1,86
Sanforizadora	exponencial	3,34

Tabla T.5.2: Duración de la falla (en horas).

Equipo	Hrs. Tot. de estudio	N#. Fallas	Media
Tren G.A.S. Lavado	1.588,10	105	15,12
Tren G.A.S. Sandof.	1.588,10	105	15,12
Osceola	841,50	56	15,03
Rama 2	887,30	61	14,55
Sanforizadora	1.075,90	93	11,57

Tabla T.5.3: Tiempos entre Fallas (en horas).

A continuación se presentan los diferentes portamateriales utilizados para trasladar el material procesado de un área a otro en la línea de producción.

Material Procesado	Título (Ne)	Portamaterial	Capacidad de carga *	Unidad *
Cinta de Algodón	0,13	Potes Grandes	40,0	Kg. (8.806 mt.)
Cinta de Algodón	0,13	Potes Medianos	27,3	Kg. (6.000 mt.)
Cinta de Algodón	0,13	Potes Pequeños	16,0	Kg. (3500 mt.)
Hilo de Rotor	12,2	Cilindro portahilo	2,904	Kg. (60.000 mt)
Cinta de Mechera	0,65	Bobina de Mechera	1,73	Kg. (1.933,5 mt.)
Hilo de Anillo	16,0	Bobina de Continua	0,185	Kg. (5.012,4 mt.)
Hilo de Anillo	16,0	Cono de Hilo	1,993	Kg. (54.000 mt.)
Hilo de Anillo	16,0	Anti-plegadores **	530,84	Kg. (25.000 mt.)
Hilo de Anillo	16,0	Plegadores ***	445,9	Kg. (2.300 yd.)
Tela Drill	---	Cilindro Portatela	386 ****	metros
Tela Drill	---	Burros	4824 ****	metros

* Representan valores estándar. (Fuente: Departamento de Métodos y Medición.)
** Equivalente a 575 hilos de 25.000 mts. cada uno.
*** Equivalente a 5753 hilos de 2.300 yd. cada uno.
**** Fuente: Reportes de revisión.

Tabla T.5.4: Especificación de los portamateriales.

5.4 Caracterización del Modelo.

La modelación debe definir cada operación del proceso y cuales relaciones existen entre ellos. En éste sección la modelación será tratada sólo en sus conceptos fundamentales, describiendo en que manera se adapta la simulación a cada operación y como se relacionan estas entre sí.

Para una información más completa sobre el modelo, se presenta en el Anexo C el mapa de recorrido y el listado completo de todas las ecuaciones matemáticas, las variables y las relaciones que la componen.

Debido a que el programa I'Think[3] no distingue el tipo de flujo, es decir, que no puede diferenciar los flujos de los distintos *portamateriales* de un departamento a otro, se es necesario simular la línea completa con ciertas premisas.

a. El flujo principal inicia con la Apertura, es decir, con la "liberación" del número de pacas totales necesarias para iniciar el proceso y termina después de haber recibido las transformaciones necesarias, en el almacén de Productos Terminados.
b. Los productos defectuosos que se originan en los procesos salen del flujo principal y se vacían en el infinito, esto equivale a vaciar una acumulación sin almacenar el flujo en ninguna otra parte.
c. Para el área de Apertura y Limpieza del departamento de Hilandería, la simulación se realizará tomando en consideración que la línea auxiliar de cardas N# 3, estará funcionando normalmente durante todo el período, ya que no se tiene una programación exacta de cuales son los períodos de arranques y paradas de ésta línea.

[3] Para un mejor conocimiento acerca de este programa se recomienda la lectura del Anexo B, "Teoría acerca del programa Ithink".

d. Los tiempos entre fallas y su duración, serán representadas como ciclos de fallas de manera de reflejar lo que ocurre en la realidad en cada una de las máquinas.

e. El programa I'Think tiene 3 métodos de integración:

c.1.- Método de Euler.

c.2.- Método de Runge - Kutta de 2do orden.

c.3.- Método de Runge - Kutta de 4to orden.

Cada uno de estos métodos y las diferencias entre ellos se explica con más detalle en el anexo B. Para éste estudio se selecciona el primer método, es decir, el de Euler.

f. La Base de Trabajo para el flujo de material será en todo momento el Kilogramo.

g. La unidad de tiempo será expresada en Horas y el diferencial de tiempo utilizado en las iteraciones es $\Delta T = 0{,}25$ Horas.

Estas selecciones son el resultado de un análisis de la complejidad del modelo y de las iteraciones y de la precisión requerida en los resultados.

Los principales conceptos del modelo se describen en las operaciones correspondientes.

5.5 Modelación del Departamento de Hilandería.

5.5.1 *Máquinas de Apertura y Limpieza.* Se representa un Flujo "Almacén de Materia Prima" que envía el material hacia El Horno "Tendido de Pacas", éste Horno tiene una capacidad máxima de 9.139 Kg., que no es más que el peso total de las 45 pacas, con un peso promedio de 203,08 Kg., que son tendidas en el suelo en el *Tren de Consumo*[4] de la Optomix. El tiempo de cocción del Horno representa el tiempo que se tardan los

[4] Éste Tren de Consumo no es más que el espacio físico dispuesto al lado del carril de la máquina Optomix en el cual son tendidas las pacas, éste espacio es de aproximadamente de 30 mt. de largo por 2 mt. de ancho.

operarios en tender y limpiar estas pacas de algodón, que es aproximadamente de dos (2) Hr.

Para efectos del programa I'Think, a éste tiempo se ha incluido un tiempo adicional de hora y media por concepto de arranque y llenado de las máquinas de limpieza hasta que el material llega a las Cardas. Una vez transcurrido el tiempo, el material es liberado completamente hacia el Reservorio "Optomix", el cual representa el *tren de consumo* que con una velocidad de consumo de 350 Kg./Hr del Flujo "Alimentación", el material es enviado al Transportador "Apertura".

Éste Transportador representa las máquinas de inclinado N# 1 y N# 2, el cual posee una capacidad de producción variable dependiendo del número de líneas de cardas trabajando. Este tipo de Reservorio representa el proceso de limpieza de las dos máquinas, que por estar unidas una después de la otra y como el material circula en flujo continuo, la velocidad de producción está determinada por el equipo de menor velocidad.

Para visualizar el desperdicio en esta parte del proceso, el material se descarga en el Reservorio "Limpieza". Este Reservorio recibe todo el material que procesa la "Apertura" y aquí es separado según el porcentaje de desperdicio que se maneja en el área, el cual se comporta según una distribución Normal con $\bar{x}$ = **1,342** % y S = **0,479** %, representado por el Convertidor "Ajuste Desp 1".

Seguidamente el material es depositado en el Reservorio "Reserva" que representa al equipo que almacena en forma provisional el material y mantiene la alimentación de la linea de producción. Ésta posee una capacidad máxima de almacenamiento de **250** Kg.

5.5.2 *Líneas de Cardas*: Estas líneas de cardas, por tener cada línea un número de máquinas de igual funcionalidad, fueron representadas en bloques productivos. En éste caso cada una de las máquinas no presentan igualdad en cuanto a sus características de producción (medias de capacidades), por lo que se realizaron análisis de muestreo aleatorio y posterior análisis de varianza con la finalidad de lograr una agrupación adecuada[5].

Cada línea de cardas presenta las siguientes características en sus máquinas.

Línea	N# Cardas	Tipo	Promedio de Producción (Kg./Hr)	Total por Línea (Kg./Hr.)
1	8	Platts	18,16	145,28
2	8	Trutzchler	30,06	240,48
3	5	Platts	15,61	78,05

Tabla T.5.5: Promedio de producción de cada línea de cardas.

Cada alimentación está representada por un Flujo "Flock Feed", que son los sistemas de distribución y alimentación de algodón proveniente de la reserva y cuyo destino son las Líneas de Cardas N# 1, 2 y/o 3. Cuando falla una de las líneas de cardas se obstruye su acceso, evitando el paso del material a ella. Si en un momento dado fallan las Líneas de Cardas (por lo general son las dos primeras líneas) que reciben el material de la Reserva, ésta detiene el suministro.

La producción de las Líneas de Cardas está definido por la cantidad de potes de cintas cardadas que puede producir cada Carda, por lo que se tiene una producción promedio total como se muestra en la tabla t.5.5.

Posteriormente el material de las tres lineas es descargado en un Reservorio "Cardas", el cual cumple con la función de separar el desperdicio del material,

[5] Ver anexo D.

comportándose según una distribución Normal con $\bar{x}$ = **4,06** % y S = **0,7626** %; el material restante es almacenado en el Reservorio "Tránsito A". Este Reservorio representa la cantidad de potes grandes que quedan en espera a ser procesados y es el primer punto de estudio.

5.5.3 *Manuares Mezcladores* (Manuar 1er paso): Están representados por los Manuares N# 5, 6 y 11; alimentados por potes grandes de mezcla cardada. Cada Manuar es alimentada con ocho (8) potes grandes que suman en total **640** Kg. en promedio de cinta cardada, para producir el equivalente a un pote mediano con 6.000 mts. de cinta ó **27.3** Kg. cada **13,33** minutos. La velocidad de producción de cada manuar se asume que son iguales ya que las tres máquinas, de iguales características poseen un tacómetro digital, marcando en todo momento la velocidad de producción fijada en 450 mt./min., que aplicando la conversión correspondiente equivale a:

$$\frac{450\frac{\text{mt}}{\text{min}}\times 60\frac{\text{min}}{\text{Hr}}\times 0{,}59054}{0{,}13\ \text{Ne.}\ \times 1.000} = 122{,}65\ \frac{\text{Kg.}}{\text{Hr}}$$ [6]

Este valor se multiplica por la eficiencia esperada de las máquinas de 85% para tener un tiempo total estimado de **15,7** minutos. Este material que sale se envía a un segundo Reservorio de material en tránsito "Tránsito B", representando la cantidad de potes medianos que van quedando para ser procesados.

[6] El factor 0,59054 proviene de la relación con las unidades inglesas de:

$$\text{Ne} = \frac{\text{Long.}}{\text{Peso}} = \frac{453{,}592\frac{grs}{lbs}}{0{,}9144\frac{mts}{yds}\times 840 yds} = 0{,}59054\ \frac{\text{grs}}{\text{mt}}$$

5.5.4 *Manuares Acabadores* (Manuar 2do paso): Al igual que los manuares mezcladores, en éstas se representan la producción de los Manuares N# 14 y 15 alimentados por potes medianos con cinta cardada. Cada Manuar es alimentada con diez y seis (16) potes medianos que suman en total **436,2** Kg. en promedio de cinta cardada por cada máquina, para producir el equivalente de 2 potes pequeños con 3.500 mts. de cinta ó 16 Kg. cada 7,1 minutos. La velocidad de producción de cada manuar se asume que son iguales, ya que las dos máquinas de iguales características poseen un tacómetro digital marcando en todo momento la velocidad de producción fijada en 495 mt./min., que aplicando la conversión correspondiente equivale a:

$$\frac{495\frac{mt}{min}\times 60\frac{min}{Hr}\times 0{,}59054}{0{,}13\ Ne.\ \times 1.000} = 134{,}92\ \frac{Kg.}{Hr}$$

Este valor se multiplica por la eficiencia esperada de las máquinas de 85% para tener un tiempo total estimado de **8,32** minutos. Este material que sale se envía a un Reservorio "Almac B" donde se realiza la separación del desperdicio según una distribución Normal con $\bar{x}$ = **1,139** % y S = **0,232** %, para ser enviado a un Reservorio de material en tránsito "Tránsito C", representando la cantidad de potes pequeños que van quedando para ser procesados.

Cabe destacar, que debido a la información obtenida con respecto al desperdicio en esta área, éste incluye todos los desperdicios producto de los procesos de estiraje, a decir, manuares mezcladores y acabadores y la máquina de mechera.

El Reservorio "Tránsito C" que representa el material en tránsito de potes pequeños envía material a tres direcciones distintas, la máquina Autocoro N# 2 y la

Mechera N# 6 que son las máquinas que producen los hilos para confeccionar el Drill, y el resto del material es enviado a las otras dos máquinas Autocoro (N# 1 y 3) y la Mechera N# 8, los cuales producen los hilos 22, 16 y 1,20 Ne respectivamente.

Para estas máquinas se tomó como premisa su requerimiento de material en la entrada de cada máquina siendo igual al de las máquinas en estudio, por lo que los requerimientos de material quedan distribuidos en porcentaje según lo especificado en la tabla t.5.6:

Máquina	# Potes pequeños Requeridos	Total Kg.	# Máquina	Total Kg.	% Total
Autocoro N# 2	168	2.688	1	2.688	**24,14 %**
Mechera N# 6	96	1.536	1	1.536	**13,79 %**
Autocoros	168	2.688	2	5.376	48,83 %
Mecheras	96	1.536	1	1.536	13,79 %
		Total Requerimiento		11.136	100 %

Tabla T.5.6: Requerimientos de material por cada máquina Autocoro y Mechera.

Para separar el material que se destina a los otros procesos, se observa que la proporción está en 37,93% para el género Drill (24,14 % para la Autocoro 2 y 13,79 % para la Mechera 6) y 62,07% para el resto de los géneros que se producen en la planta.

Con ésta separación del material se busca reflejar sólo la cantidad de material que queda en tránsito para el género Drill.

5.5.5 *Máquina Autocoro*: Este sección representa la máquina Autocoro N# 2 con capacidad de 168 husos, alimentada por potes pequeños con cinta cardada. El material que entra se representa por un Reservorio que recibe **2.688** Kg. equivalente a 168 potes pequeños. Posteriormente, la máquina produce una *levada* cada **8** horas en forma

automática, por trabajar a una velocidad de 123,8 mt/min[7]. y los conos de hilo de título 12,2 Ne tienen un estándar de 60.000 mt ó 2,904 Kg de hilo. En cada una de éstas levadas se obtienen 168 conos equivalentes a una carga total de **487,87** Kg.

Para efecto de la simulación, se considera despreciable el desperdicio generado en ésta máquina, ya que su valor se encuentra en una media de **0,103** %. El producto de cada levada es enviada al depósito de hilo de trama representado por el Reservorio "Depósito 1".

5.5.6 *Máquina de Mechera*: Está representado por la máquina N# 6 alimentada por potes pequeños con cinta cardada, destinada a procesar el algodón en cinta de título 0,13 Ne y transformarla en una cinta más delgada (por efecto de torsión y estiraje) llamada mecha. El material que alimenta la máquina se representa por un Reservorio "Recepción de Mechera" que recibe **1.536** Kg. de cinta cardada, equivalente a 96 potes pequeños. Posteriormente, la máquina produce una *levada* cada **50** minutos, por trabajar a una velocidad de 34,25 mt/min. y las bobinas de mechera con título 0,65 Ne tienen en promedio un peso estándar de 1.904,2 mt. ó 1,73 Kg. Adicionalmente se incluye un factor de eficiencia esperada de 88 %[8] para ésta máquina y así la producción se estima cada **56,8** minutos. En cada una de éstas levadas se obtienen 96 bobinas equivalentes a una carga total promedio de **166,08** Kg.

El producto de ésta máquina es enviada a un Reservorio "Tránsito D", que representa el material en tránsito que alimentará a las máquinas de hilado continuo.

[7] Ésta velocidad de producción es específico para el hilo de título 12,2 Ne.
[8] Fuente Departamento de Métodos y Medición.

5.5.7 *Máquinas de Hilado Continuo*: En ésta sección se representa las seis (6) máquinas de hilado continuo que actualmente están destinadas para la producción del hilo de título 16 Ne. Éstas máquinas son las N# 1, 2, 3, 4, 5 y 6, de 312 husos cada uno que reciben el mismo número de bobinas de mechera para transformar la mecha de algodón en hilo con características específicas. El material que alimenta cada máquina se representan por Reservorios "Recepción Continua" que recibe **539,76** Kg. de mecha cardada, equivalente a 312 bobinas. Posteriormente, la máquina produce una *levada* donde las bobinas de Continua tiene un peso estándar de ≈0,185 Kg. La producción de éstas máquinas se obtiene de la siguiente relación:

$$\frac{\text{Velocidad (r.p.m.)} \times \text{Diá m.Calandra} \times 60 \times \pi}{\text{Metraje Está ndar porBobina}} \times 312 \times \text{efic. esp.} = \text{Prod. por lev.}$$

La eficiencia aplicada es del **94,56** % siendo la producción estimada en **5,5** horas. En cada una de éstas levadas se obtienen 312 bobinas con un peso estándar de **0,185** Kg, que con un rendimiento estimado del 95[9] % se obtiene una producción total de **57,72** Kg. por levada.

El producto de éstas máquinas son enviadas a un Reservorio "Tránsito E", que representa el material en tránsito que alimentará a las máquinas de Enconado. Previamente al material se extrae el desperdicio con una media de x = **2,499** % y S = **0,7442** %.

5.6 Modelación de los Departamentos de Pretejido y Tejeduría.

5.6.1 *Máquina de Enconado*: Está representado por la máquina Autoconer N# 9, de 50 husos dividido en 5 secciones de 10 Husos cada uno. En la modelación se incluye una

[9] Fuente: Departamento de Métodos y medición.

sola máquina en vez de las dos existentes, debido a que según el departamento de Métodos y Medición, la carga máxima de trabajo por cada operario de enconado es de 5 secciones equivalente a una máquina de Enconado. La máquina N# 11 sólo posee 2 secciones para trabajar con conos normales y 3 secciones para trabajar conos troncados[10], por lo que sólo se dispone a trabajar la misma cuando se requiere sobre tiempo.

El material que alimenta cada sección se representan por Reservorios "Recepción Enconado" que reciben cada uno **29,6** Kg. de hilo título 16 Ne., equivalente a 160 bobinas de Continua para formar un cono común con 54.000 mt. de hilo 16 Ne. Posteriormente, la máquina produce una *levada* cada 60 minutos, por trabajar a una velocidad de 900 mt/min. y los conos con hilo de título 16 Ne tienen un peso estándar de 1,993 Kg. Adicionalmente se incluye un factor de eficiencia esperada del 80 %[11] para ésta máquina y así la producción de la levada se estima cada **1,15** horas. En cada una de éstas levada se obtienen 10 conos equivalentes a una carga total de 19,93 Kg.

El producto de cada sección es enviada al Reservorio "Depósito Hilo", que representa los conos de hilo que son almacenados para posteriormente disponerse en los procesos siguientes. Previamente, al material se extrae el desperdicio con una media de $\bar{x}$ = **0,587** % y S = **0,2837** %.

5.6.2 *Máquina de Urdido*: En ésta sección se representa a la máquina urdidora, encargada de colocar los hilos en forma longitudinal en un portamaterial denominado *anti-plegador*. La Urdidora recibe inicialmente 2 cargas de 576 conos para los 3

[10] El término troncado es referido a los conos de forma cilíndrica.
[11] Fuente: Departamento de Métodos y Medición.

primeros anti-plegadores y al cuarto se le quita un cono quedando en 575 conos, y 3 cargas de 575 conos para los 6 anti-plegadores restantes para un total de 2.877 conos y 5.753 hilos.

El Reservorio "Recepción Urdido" recibe la cantidad de **1.147,72** Kg. equivalente a recibir 575,3 conos[12] por cada montada para urdir dos anti-plegladores con 25.000 mt de 575,3 hilos cada anti-plegador. Como cada anti-plegador lleva en total 25.000 mt de hilo, los conos quedan con un excedente que reciben el nombre de *chopos*. Este material sobrante es reenconado y utilizado para otros de los procesos de la planta. Para efecto de la simulación, ésta cantidad de kilogramos (86,04 Kg.) representa el **7,5** % de los 1.147,72 Kg. que se dejan pasar por un segundo flujo fuera de la línea de producción. Cada anti-plegador tiene un peso promedio de **530,84** Kg. de hilo 16 Ne.

La máquina está en capacidad de producir un anti-plegador cada 31,25 minutos, por tener una velocidad de urdido de 800 mt/min.[13], pero debido a los paros por revientes de los hilos, la levada se produce cada **59,3** minutos (incluyendo los 5 minutos estimados en montar y desmontar un plegador por parte del operario).

El producto de ésta máquina es enviada al Reservorio "Tránsito F", que representa el tránsito de anti-plegadores que son colocados a la espera de tener 10 anti-plegadores para poner a trabajar la *Engomadora*.

5.6.3 *Máquina de Engomado*: En ésta sección se representa a la máquina de Engomado, encargada de agregar una solución de "goma" y cera para darle resistencia a los hilos y así evitar mayores revientes de los mismos en los telares. La Engomadora recibe

[12] Considerando los 5.753 hilos totales repartidos en los 10 anti-plegadores.
[13] Esta velocidad es para el caso del hilo de título 16 Ne.

inicialmente 10 anti-plegadores, ésta producirá un *plegador* común con 5.753 hilo y 2.300 yardas de longitud, equivalente a **446,54** Kg. En total se pueden producir 12 plegadores de este tipo por cada 10 anti-plegadores en la alimentación.

El Reservorio "Recepción Engomadora" recibe la cantidad de 5.308,4 Kg. equivalente a los 10 anti-plegadores por cada montada. La máquina está en capacidad de producir un plegador cada 42 minutos, por tener una velocidad de engomado de 50 mt/min.[14], pero debido a los paradas por causa de calibración y medición de la solubilidad de la mezcla, la levada se produce cada **64,78** minutos (incluyendo los 8 minutos estimados en montar y desmontar un plegador por parte de los operarios).

El producto de ésta máquina es enviada al Reservorio "Tránsito G", que representa el tránsito de plegadores que son colocados a la espera de ser montados en los telares. Previamente, los plegadores son pasados por el Reservorio "Madejas" en donde se separa el desperdicio que se genera entre las máquinas de Urdido y Engomado, con una media de $\bar{x}$ = **1,575** % y S = **0,5727%**.

5.6.4 *Telares*: En ésta sección se representa los diez (10) Telares que actualmente están destinada para la producción de la tela del género Drill. Estas máquinas son las N# 241, 242, 253, 254, 274, 277, 285, 286, 296 y 297. Cada telar produce dos cuerpos de telas, recibiendo cada telar dos Madejas o plegadores que unidos con los hilos de trama producen la característica tela. El material que alimenta cada máquina se representan por Reservorios "Espera Material" que reciben **893,08** Kg. equivalentes a los dos plegadores más el requerimiento de hilo de trama que es de ***730,44*** Kg.[15] equivalente a los cuerpos

[14] Esta velocidad es para el caso del hilo de título 16 Ne.

de telas que se tejen simultáneamente. Posteriormente, la máquina produce un cilindro con dos cuerpos de tela cada cierto período de tiempo estimado en 45,85 horas aproximadamente por trabajar a 9,82 mts/hr. a una eficiencia esperada del 90 %, y porque la máquina sólo pueda soporta un promedio de 405,58 mt. de tela Drill ó 150,54 Kg.[16].

La eficiencia real aplicada es del **88,48%** estimándose el consumo de las madejas en **8,5** días. En cada una de éstas levadas se obtienen 6 cilindros con dos cuerpos de tela cada uno. El producto de éstas máquinas son enviadas al Reservorio "Crudo", que representa la tela que va almacenándose hasta su posterior pedido por parte de Planta de Acabado. Previamente del material se extrae el desperdicio con una media de $\bar{x}$ = **0,7825** % y S = **0,273** %.

5.6.5 *Inspección de Crudo y Almacén*: Esta sección se representa por medio de dos Reservorios para recibir la tela, descargar el desperdicio de tejeduría y posteriormente montar la tela en portamateriales denominados *burros*. El montaje se realiza enrollando la tela en el portamaterial y realizando costuras en los extremos de la tela. Antes del montaje la tela es revisada y almacenada en espera de los pedidos de Planta de Acabado.

Los operarios a la hora de preparar un portamaterial con el género Drill se llevan un tiempo aproximado de un turno de trabajo (8 Hrs). Revisando las hojas de producción se determinó que este tiempo es de 867 mts/Hr ó 334,58 kg./Hr aproximadamente.

---

[15] El producto de este requerimiento resulta de la relación existente entre el ancho de la tela cruda, la longitud total de hilo de urdimbre que hay por cada madeja y la densidad de la tela (389,7 grs/m-l). Por razones inherentes a la producción, el cálculo de éstos requerimientos está protejido bajo secreto industrial.

[16] Densidad de la tela cruda = 389,7 grs/mt-lineal.

5.7 Modelación de Planta de Acabado.

5.7.1 *Tren G.A.S. Sandoflex*: Está representado por la unión o empalme de 3 máquinas: Greenville-Artos-Sandoflex, a través de un Reservorio "Tren GAS Sandoflex" en donde se le efectúa un tratamiento preliminar a la tela que la prepara para los siguientes procesos. La alimentación se realiza en forma continua colocando el portamaterial a la entrada de la máquina y dejando circular la tela a través de ella para ser recibida en otro portamaterial en la salida de la máquina. La velocidad de producción estándar es de 35 mt/min. ó 13,50 Kg./min., con una capacidad de producción de 27.300 mt/día[17] a una eficiencia de **72,58** %.

Debido a que en Planta de Acabado es más frecuente los paros por fallas mecánicas se realizó un estudio de la frecuencia de las fallas analizando una falla mecánica cada cierto período de tiempo y la duración de la misma.

En el primer caso se calcula el tiempo promedio en horas transcurrido entre dos fallas:

$$\begin{pmatrix}\text{Tiempo entre}\\ \text{dos fallas}\end{pmatrix} = \frac{\text{Total Hrs. en estudio}}{\text{N\# Fallas ocurridas}} = \frac{1.588{,}1\ \text{Hrs}}{105\ \text{Fallas}} = 15{,}12\ \text{Hr / falla}$$

En el segundo caso, se realizó un análisis de distribución de frecuencias de las fallas, obteniéndose que ésta se comporta según una distribución Exponencial con media **2,20** Horas.

Posteriormente, una vez concluido el proceso, la tela junto con el portamaterial es puesto a rotar en una área específica para ello por un lapso mínimo de 4 horas.

[17] Suponiendo que durante la programación del día no se realice el proceso de lavado.

Transcurrido este tiempo el portamaterial es enviado al Reservorio "Tren GAS Lavado", para realizar el siguiente proceso.

5.7.2 *Tren G.A.S. Lavado*: Representa a la misma máquina anteriormente explicada pero para efecto de la simulación se realiza igualmente el mismo proceso pero con una velocidad estándar del proceso de 34 mt/min. ó 13,12 Kg./min., con una capacidad de producción de 11.220 mt/día[18] a una eficiencia de **72,58** %.

El comportamiento de la frecuencia de falla y la duración de la misma es idéntica al proceso anterior por realizarse en la misma máquina y el estudio fue tomado sin distinguir el tipo de proceso registrado en las hojas de producción.

Una vez concluido el proceso, el portamaterial es enviado al Reservorio "Tránsito I" que servirá de alimentación para la siguiente máquina.

5.7.3 *Máquina Osceola*: Está representado por el Reservorio "Osceola" que recibe la tela y la tiñe según el color que se programa durante el día. La alimentación es idéntica al del Tren G.A.S. La velocidad de producción estándar es de 34 mts/min ó 13,12 Kg./min., con una capacidad de producción de 16.320 mts/día a una eficiencia de **71,02** %.

Realizando el estudio de frecuencia de falla y la duración de la misma, se obtiene que la duración de la falla se comporta según un distribución Exponencial con media **1,23** Horas, ocurriendo una falla cada **15,03** Hrs.

Una vez concluido el proceso, el portamaterial es enviado al Reservorio "Tránsito J" que servirá de alimentación para la siguiente máquina.

[18] Suponiendo que durante la programación del día no se realice el proceso de Sandoflex.

5.7.4 *Máquina Rama 2*: Está representado por el Reservorio "Apresto"; aquí la alimentación también es continua y el proceso se realiza a una velocidad estándar de 24 mts/min. ó 9,26 Kg./min., con una capacidad de producción de 19.440 mts/día a una eficiencia de **65,90** %.

Realizando el estudio de frecuencia de falla y la duración de la misma, se obtiene que en esta máquina la duración de la falla se puede asumir que se comporta según un distribución Exponencial con media **1,86** Horas, ocurriendo una falla cada **14,55** horas.

Una vez concluido el proceso el portamaterial es enviado al Reservorio "Tránsito K" que servirá de alimentación para la siguiente máquina.

5.7.5 *Máquina Sanforizadora*: Está representado por el Reservorio "Sanforizado", que realiza el último tratamiento a la tela. La alimentación es de manera continua y el proceso se realiza a una velocidad estándar de 20 mt/min. ó 7,72 Kg./min., con una capacidad de producción de 14.400 mt/día a una eficiencia de **66,23** %.

Realizando el estudio de frecuencia de falla y la duración de la misma, se obtiene que en ésta máquina la duración de la falla se comporta según una distribución Exponencial con media **3,34** Horas, ocurriendo una falla cada **11,57** Hr.

Una vez concluido el proceso el portamaterial es enviado al Reservorio "Tránsito L" que junto con el Horno "Control Calidad" representan el tiempo que transcurre mientras el Laboratorio de Tela aprueba la calidad de la misma. Posteriormente el portamaterial es enviada al Reservorio "Tránsito M" donde se preparará la tela para su empaque final.

5.7.6 *Inspección Final y Empaque*: Está representado por el Reservorio "Empaque", que recibe la tela que posteriormente es clasificada y empacada con un metraje de 100 metros por rollo. La velocidad de producción (incluyendo revisión, clasificación y empaque), según las hojas de producción de esta sección, se estimó en 822,71 Kg./Hr.

Posteriormente los rollos son enviados al almacén de Productos Terminados para después ser despachado por los distribuidores de la empresa. Para efecto de la simulación, el flujo de salida denominado "Despacho" no representa en ningún momento la cantidad de tela que es destinada al consumidor final, es sólo un valor específico para "drenar" la cantidad de material que llega al Reservorio "Almacén Acabado".

5.7.4 *Máquina Rama 2*: Está representado por el Reservorio "Apresto"; aquí la alimentación también es continua y el proceso se realiza a una velocidad estándar de 24 mts/min. ó 9,26 Kg./min., con una capacidad de producción de 19.440 mts/día a una eficiencia de **65,90** %.

Realizando el estudio de frecuencia de falla y la duración de la misma, se obtiene que en esta máquina la duración de la falla se puede asumir que se comporta según un distribución Exponencial con media **1,86** Horas, ocurriendo una falla cada **14,55** horas.

Una vez concluido el proceso el portamaterial es enviado al Reservorio "Tránsito K" que servirá de alimentación para la siguiente máquina.

5.7.5 *Máquina Sanforizadora*: Está representado por el Reservorio "Sanforizado", que realiza el último tratamiento a la tela. La alimentación es de manera continua y el proceso se realiza a una velocidad estándar de 20 mt/min. ó 7,72 Kg./min., con una capacidad de producción de 14.400 mt/día a una eficiencia de **66,23** %.

Realizando el estudio de frecuencia de falla y la duración de la misma, se obtiene que en ésta máquina la duración de la falla se comporta según una distribución Exponencial con media **3,34** Horas, ocurriendo una falla cada **11,57** Hr.

Una vez concluido el proceso el portamaterial es enviado al Reservorio "Tránsito L" que junto con el Horno "Control Calidad" representan el tiempo que transcurre mientras el Laboratorio de Tela aprueba la calidad de la misma. Posteriormente el portamaterial es enviada al Reservorio "Tránsito M" donde se preparará la tela para su empaque final.

5.7.6 *Inspección Final y Empaque*: Está representado por el Reservorio "Empaque", que recibe la tela que posteriormente es clasificada y empacada con un metraje de 100 metros por rollo. La velocidad de producción (incluyendo revisión, clasificación y empaque), según las hojas de producción de esta sección, se estimó en 822,71 Kg./Hr.

Posteriormente los rollos son enviados al almacén de Productos Terminados para después ser despachado por los distribuidores de la empresa. Para efecto de la simulación, el flujo de salida denominado "Despacho" no representa en ningún momento la cantidad de tela que es destinada al consumidor final, es sólo un valor específico para "drenar" la cantidad de material que llega al Reservorio "Almacén Acabado".

CAPÍTULO 6: SIMULACIÓN.

6.1 Consideraciones Generales.

Se utilizarán criterios de evaluación económica en cuanto a costos de producción sin tomar en consideración los otros costos inherentes al manejo de inventario, ya que la administración de la empresa posee un sistema centralizado sobre los costos de producción y no se contempla el reporte sobre los costos de tenencia de inventarios de productos en proceso, costos de inventarios de seguridad y costos de oportunidad.

6.2 Orden de Secuencia de la Producción.

La simulación se realizará tomando en consideración los resultados que se arrojen cada 126 horas equivalente a una semana de producción de la planta.

Para efectos de análisis, en Planta de Acabado específicamente en la máquina Osceola, la simulación fue realizada con los colores de mayor demanda como lo son el azul marino, negro y kaky, ya que éstos colores representan el 71,1 % de las ventas totales.

6.3 Validación del Modelo.

Esta consta de dos partes:

1. Consulta permanente durante la fase de diseño con las personas que forman parte del sistema para obtener apreciaciones sobre la validez intuitiva del modelo.
2. Análisis del comportamiento del modelo bajo dos situaciones: bajo funcionamiento normal y bajo funcionamiento crítico.

El funcionamiento normal permite estudiar el comportamiento del modelo frente a todas aquellas situaciones que se presentan a diario. En el funcionamiento crítico se

analiza la reacción del modelo frente a una falla mecánica de algunas de la máquinas y/o variaciones en la línea de producción.

6.4 Determinación del Tamaño de la Muestra.

Antes de establecer un metodologia de simulación y análisis, se debe verificar la consistencia de los datos del modelo. A cada combinación de valores de las variables que definen la producción de material en proceso, le corresponde un resultado: el total de unidades que van quedando en tránsito.

Se realizaron 6 corridas independientes y la duración de la simulación es de 3 meses. (1.608 Horas laborales). En los resultados de las corridas se tomó la variable desperdicio, ya que para efecto de la simulación con sólo comprobar el número de corridas para algunas de sus secciones, queda comprobado para todo el modelo. Ésta variable reporta el desperdicio generado en Planta Textil, evaluando el desperdicio generado en las 7 áreas donde se reporta estos valores, que son: área de Apertura y limpieza, área de cardas, área de estiraje, área de continua, área de urdido y engomado, y área de los telares. A continuación se muestra la tabla con el resumen de desperdicio generado durante 6 semanas de simulación:

N# de datos	Tránsito A (en Kg)
1	1.901,30
2	2.026,60
3	1.991,80
4	1.844,58
5	1.891,42
6	1.851,00
Promedio	1.917,83
Desviación	74,9602
número réplicas	4,7

Tabla T.6.1: Número de replicas necesarias.

El número de réplicas independientes en una situación de estado transitorio, está definido por: $N = \left(\frac{T_{\alpha/2} \times S}{k \times \bar{x}} \right)^2$[1]; donde el valor $T_{\alpha/2}$ es el valor de una t-student de grados de libertad iguales al número de muestra menos uno, *S* es la desviación muestral, $\bar{x}$ es la media muestral y *k* es el porcentaje de error aceptable para la estimación del parámetro en cuestión.

Se seleccionó una confiabilidad del 95 % que corresponde a un valor de $\alpha = 0{,}05$ y un error aceptable $k = 0{,}05$. Con los grados de libertad igual a 5, el valor en la t-student es igual a $T_{0{,}025} = 2{,}7786$, obteniendose los resultados que aparecen en la tabla T.6.1.

Se concluye que para cada combinación de variables de entrada, se deben tomar un promedio de 5 réplicas independientes para ponderar los resultados y así obtener el 95% de probabilidad de que el promedio de ellos arroje un valor con un error inferior al 5%.

[1] R. E. Walpole: "Estadística Matemática con Aplicaciones".

CAPÍTULO 7: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

7.1 Análisis del Comportamiento del Modelo.

Debido a la dificultad de obtener valores estadísticos sobre la cantidad de inventario de productos en proceso que va destinado a cada una de las secciones de producción, la forma de poder comprobar el comportamiento del modelo fue a través de un análisis de correlación y comparar con los informes de producción real que se reportan de algunas de las máquinas de Planta Textil.

En estos reportes se resume la producción semanal del departamento y/o de la máquina, que requiere un seguimiento continuo por parte del departamento de Métodos y Medición para el cálculo de los incentivos del personal obrero. Los puntos analizados fueron: Producción de la máquina Autocoro N# 2 y de las máquinas de hilado continuo del departamento de Hilandería, Producción de la máquina Autoconer N# 9 del departamento de Pre-tejido y Producción de los telares con el género Drill del departamento de Tejeduría.

Para obtener los resultados de producción en la simulación, se procedió a tomar la suma de los kilogramos producidos por hora por cada una de las máquinas involucradas en el análisis hasta un total de 126 horas en cada suma, para un total de 510 horas ó 4 semanas de producción. La base de comparación de la producción fue la obtenida durante el mes de septiembre de 1995. Los resultados obtenidos en cada uno de ellos se muestran en las siguientes tablas:

Producción Continuas (Kg.)		
Datos	Simulación	Real
1	5.506,67	6.061,42
2	7.724,49	7.910,63
3	7.668,59	6.838,81
4	7.724,96	6.830,46
Promedio	7.156,178	6.910,33
Desviación	952,619	658,168
Correlac.	0,7523	

Producción Autocoro N# 2 (Kg.)		
Datos	Simulación	Real
1	5.856	5.658,9
2	7.320	6.634,1
3	7.320	7.303,1
4	7.808	4.617,9
Promedio	7.222,4	6.053,9
Desviación	801,866	1.171,218
Correlac.	-0,0413	

Tabla T.7.1: Comparación de la producción: simulación vs. real, Continuas y Autocoro.

Producción Autoconer (Kg.)		
Datos	Simulación	Real
1	1.291,42	1.276,29
2	1.294,12	1.257,63
3	1.257,63	1.276,00
4	1.246,28	1.367,96
Promedio	1.272,363	1.313,13
Desviación	24,041	45,017
Correlac.	-0,3629	

Producción Telares (Kg.)		
Datos	Simulación	Real
1	7.034	7.355,27
2	7.354	7.492,05
3	7.283	7.453,16
4	7.786	7.178,78
Promedio	7.364,25	7.369,815
Desviación	312,860	139,754
Correlac.	-0,6388	

Tabla T.7.2: Comparación de la producción: simulación vs. real, Autoconer y Telares.

En la Tabla t.7.1, que corresponde a la producción de la Autocoro, se observa una correlación bastante baja, pero analizando la producción real de la misma en la cuarta semana se visualiza una baja en la producción. Al preguntar al coordinador de Hilandería sobre este detalle en la producción de dicha máquina, la respuesta fue que esta permaneció parada durante 2 días a causa de la reprogramación de la producción, por lo que se volvió a realizar los cálculos respectivos, eliminando la última semana de producción y obteniéndose el siguiente resultado:

Producción Autocoro N# 2 (Kg.)		
Datos	Simulación	Real
1	5.856	5.658,9
2	7.320	6.634,1
3	7.320	7.303,1
Promedio	7.076	6.532,03
Desviación	732	826,838
Correlac.	0,9145	

Tabla T.7.3: Comparación de la producción simulación vs. real en Autocoro

En esta oportunidad se observa que los datos son bastante aproximados. En el caso de la máquina Autoconer la correlación es baja pero no es significativa como la obtenida en el caso de la Autocoro, y en cuanto a la comparación de la producción de los telares también se observa un ajuste bastante aceptable.

Ante estos resultados se puede concluir que el comportamiento de la simulación ofrece una buena aproximación en cuanto al reporte de la producción, asegurándose así que el material que queda en proceso y/o en tránsito puede reflejar o estimar la cantidad de material que queda sin ser procesado.

7.2 Análisis Económico.

Evaluando la producción de los distintos departamentos y comparando los resultados arrojados por la simulación con el comportamiento real, a través de entrevistas no directas con los operarios que trabajan en el área de Hilandería y con las hojas de producción para el departamento de Tejeduría y Planta de Acabado. Se llevó a cabo el análisis en aquellas áreas con mayor problema de acumulamiento de material, comprobándose la cantidad de material que queda en tránsito. Estas áreas o puntos críticos de acumulación de inventario son: Tránsito A correspondiente a la cantidad de potes grandes con cinta cardada para alimentar los manuares mezcladores; Tránsito C

correspondiente a la cantidad de potes pequeños con cinta cardada para alimentar las máquinas de mechera y las Autocoros; y Tránsito E correspondiente a la cantidad de cajas con bobinas de continuas para alimentar la máquina Autoconer.

Para el caso del material en proceso entre los manuares (Tránsito B), la cantidad de potes medianos en espera para alimentar los manuares acabadores, quedan fuera del análisis debido a que los resultados arrojados por la simulación reflejan una acumulación promedio de 11 a 20 potes diarios con un costo de producción de 5.830,9 Bs/Kg. aproximadamente. Previa confrontación de los resultados de producción con el personal que atiende estas máquinas, se confirmó que el promedio de potes que se debe tener en tránsito para alimentar los dos manuares acabadores, es de 16 a 18 potes medianos. A continuación se presenta las tablas con los costos de inventario en tránsito basados en los costos de producción del mismo:

N	Trans. A (Kgs.)	Potes Equiv. (un)	Costo Tot. Produc. (Bs./Kg)	Trans. C (Kgs.)	Potes Equiv. (un.)	Costo Tot. Produc. (Bs./Kg)
1	2526,10	63	121.134,07	2.135,51	134	29.107,00
2	2.122,40	53	97.530,65	432,94	27	5.900,97
3	2.631,7	66	120.934,51	1.057,93	66	14.419,60
4	3.364,9	84	154.627,25	964,09	60	13.140,55
5	2.658,40	65	122.161,46	2.395,63	150	32.652,44
6	2.312,10	58	106.247,93	2.739,77	171	37.343,10

Tabla T.7.4: Costo promedio diario de productos en proceso[1].

[1] Para una mayor información sobre los costos de producción ver Anexo G.

N	Trans. E (Kgs.)	Bobinas Equiv. (un)	Costo Tot. Produc. (Bs./Kg)
1	57,18	309	45.203,11
2	29,51	160	4.315,84
3	27,87	151	4.075,99
4	58,55	317	8.562,94
5	57,85	313	8.460,56
6	28,30	153	4.138,88

Tabla T.7.5: Costo promedio diario de productos en proceso[2].

Observando los resultados, vemos como el inventario de potes grandes con cinta cardada tiene un costo de producción promedio de 120.439,31 Bs./Kg. Esto se justifica debido a que de éste producto hay que dejar la mayor acumulación posible de potes grandes para después dejar consumir este stock mientras se procesa la otra mezcla para producir algodón peinado.

En el área de tránsito de material entre continuas y enconado, se presenta la dificultad de realizar un análisis económico, debido a que la relación de producción entre las máquinas de hilado continuo y la máquina de enconado, ésta muy por debajo de lo normal, reflejando una constante escasez de material para procesar.

Para las otras secciones de trabajo de Planta Textil, como lo son las áreas de tránsito entre Urdido y Engomado, Engomado y Telares quedan fuera del análisis ya que actualmente éstas sólo se disponen cuando se emiten las solicitud de materiales siendo la carga mínima el equivalente para poner a trabajar por lo menos 6 telares. Entonces, éste Stock representa un total de 10 anti-plegadores para producir 12 plegadores o madejas con 2300 yd. de hilo 16 Ne. Éste material en reserva representa un costo de producción

[2] Para una mayor información sobre los costos de producción ver Anexo G.

de 29.395,86 Bs. por plegador urdido y engomado. Según los planes futuros de Planta Textil, sólo se dispondrá de un área para almacenar estos plegadores ya preparados.

En Planta de Acabado como se puede observar en la tabla t.7.6, el costo de mantener un inventario equivalente a un portamaterial a la entrada de la máquina Osceola, como inventario de seguridad en espera de recibir la orden de teñido, es de aproximadamente de 1.720.796 Bs. por semana.

N	Trans. I (Kgs.)	mts. equivalentes	Costo Produc. (Bs./mt.)*	Costo Total (Bs.)
1	1.611,4	4.174,5	402.09	1.678.534,31
2	1.614,9	4.183,9	402.09	1.682.313,97
3	1.545,6	4.004,15	402.09	1.610.037,88
4	1.782,2	4.617,09	402.09	1.856.496,34
5	1.705,5	4.418,39	402.09	1.776.600,60

* Este costo incluye tanto la producción de la tela hasta el proceso de preparación.
Tabla T.7.6: Costo promedio semanal de productos en proceso[3].

7.3 Análisis de Sensibilidad.

Para el análisis de sensibilidad en los distintos departamentos de la planta, se tomaron varias de las variables analizadas en la Matriz de Motricidad y Dependencia, entre las que se encuentran: los turnos por máquinas, materiales en proceso, capacidad de producción, portamateriales y equipos disponibles para el traslado del material en proceso. Para el análisis de sensibilidad se excluyó la variable "Velocidad de máquina" ya que se supone que las máquinas deben operar bajos velocidades predefinidas para así obtener el tipo de hilo y tela esperado.

[3] Para una mayor información sobre los costos de producción ver Anexo G.

de 29.395,86 Bs. por plegador urdido y engomado. Según los planes futuros de Planta Textil, sólo se dispondrá de un área para almacenar estos plegadores ya preparados.

En Planta de Acabado como se puede observar en la tabla t.7.6, el costo de mantener un inventario equivalente a un portamaterial a la entrada de la máquina Osceola, como inventario de seguridad en espera de recibir la orden de teñido, es de aproximadamente de 1.720.796 Bs. por semana.

N	Trans. I (Kgs.)	mts. equivalentes	Costo Produc. (Bs./mt.)*	Costo Total (Bs.)
1	1.611,4	4.174,5	402.09	1.678.534,31
2	1.614,9	4.183,9	402.09	1.682.313,97
3	1.545,6	4.004,15	402.09	1.610.037,88
4	1.782,2	4.617,09	402.09	1.856.496,34
5	1.705,5	4.418,39	402.09	1.776.600,60

* Este costo incluye tanto la producción de la tela hasta el proceso de preparación.

Tabla T.7.6: Costo promedio semanal de productos en proceso[3].

7.3 Análisis de Sensibilidad.

Para el análisis de sensibilidad en los distintos departamentos de la planta, se tomaron varias de las variables analizadas en la Matriz de Motricidad y Dependencia, entre las que se encuentran: los turnos por máquinas, materiales en proceso, capacidad de producción, portamateriales y equipos disponibles para el traslado del material en proceso. Para el análisis de sensibilidad se excluyó la variable "Velocidad de máquina" ya que se supone que las máquinas deben operar bajos velocidades predefinidas para así obtener el tipo de hilo y tela esperado.

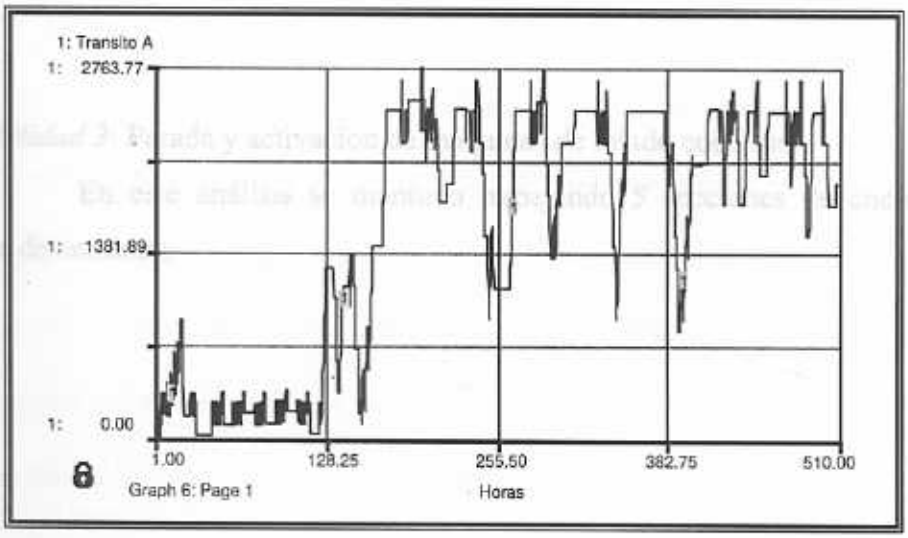
[3] Para una mayor información sobre los costos de producción ver Anexo G.

Éstos análisis se presentan a continuación a través de experimentaciones en aquellas áreas en que se hace necesario un procedimiento de trabajo para evitar acumulamiento de material. La gráficas reportadas son las mismas que se obtienen del programa I'Think.

- *Sensibilidad 1*: Arranques y paradas de los equipos de limpieza y Líneas de cardas.

Se definieron tiempos de paradas cada 16 horas por un tiempo máximo de 8 horas. para representar los tiempos en que las máquinas de limpieza y las líneas de cardas estarían procesando la otra mezcla que se trabaja en éstas máquinas. A la vez se limitó el número de potes grandes a 70 unidades

En esta alternativa se observa en la gráfica g.7.1 como el consumo de material, que está representado por kilos, se incrementa hasta un valor máximo para después ir consumiéndose hasta llegar a niveles que equivalen entre 32 a 34 potes con cinta cardada.

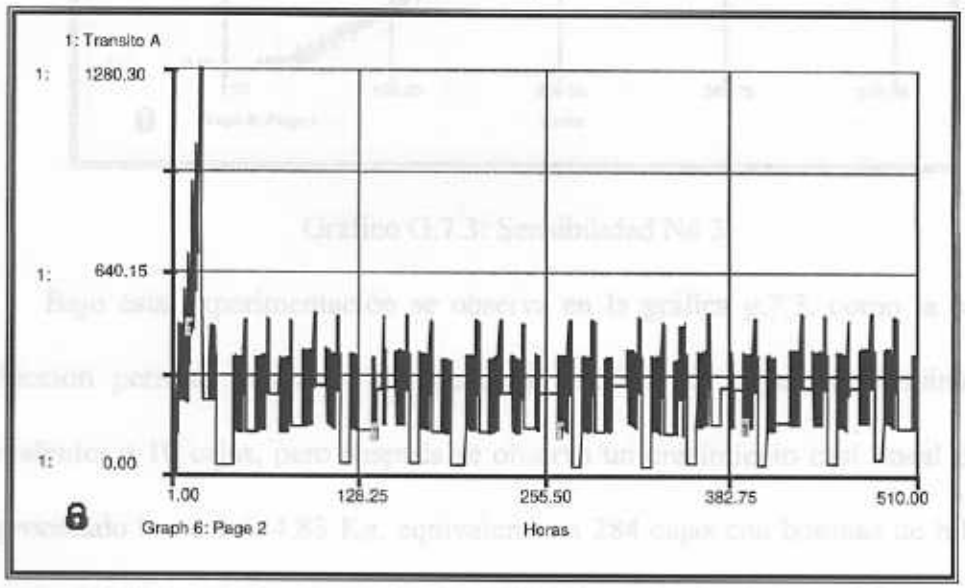


gráfica G.7.1: Sensibilidad N# 1

- *Sensibilidad 2*: Producción del Tren de limpieza sin la línea de cardas N# 3.

Se paralizó la línea de cardas N# 3 procediéndose a realizar el mismo análisis de la sensibilidad 1. En esta ocasión se observa en la gráfica. g.7.2 como con las dos líneas de cardas y una producción de 16 horas con paradas cada 8 horas, se produce escasez de potes grandes.

gráfica. G.7.2: Sensibilidad N# 2



- *Sensibilidad 3*: Parada y activación de máquinas de hilado continuo.

En este análisis se mantuvo trabajando 5 secciones de enconado y 7 máquinas de continua.

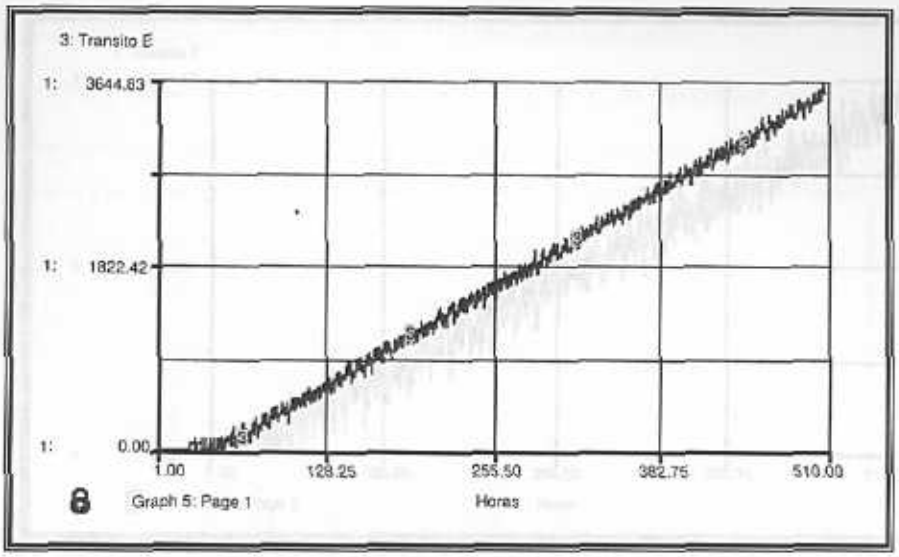


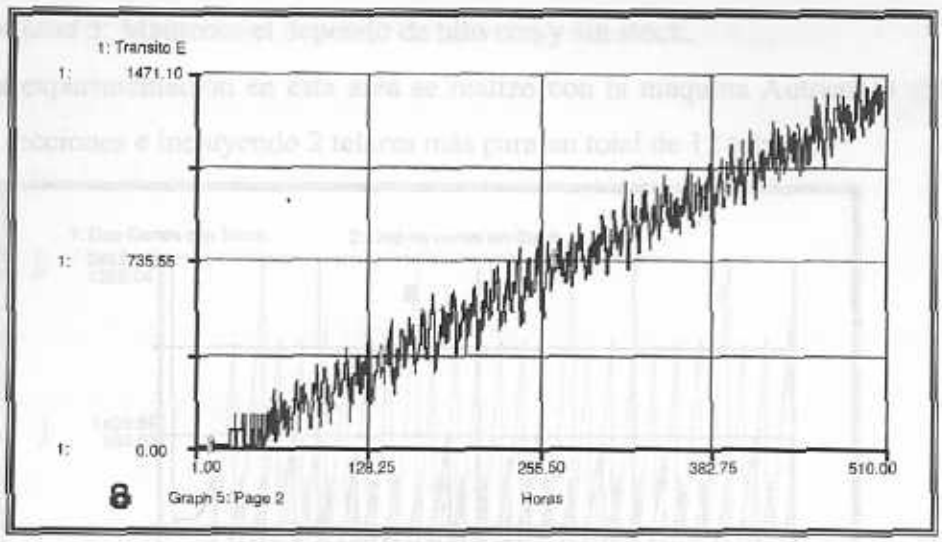
Gráfico G.7.3: Sensibilidad N# 3

Bajo ésta experimentación se observa en la gráfica g.7.3, como la relación de producción permite mantener una pequeña cantidad de cajas con bobinas de hilo equivalentes a 10 cajas, pero después se observa un crecimiento casi lineal del stock a ser procesado hasta 3.644,83 Kg. equivalentes a 284 cajas con bobinas de hilo para las primeras 510 horas o primer mes de operación, lo cual sería desfavorable para el área de trabajo.

- *Sensibilidad 4*: Parada y activación de las secciones de enconado.

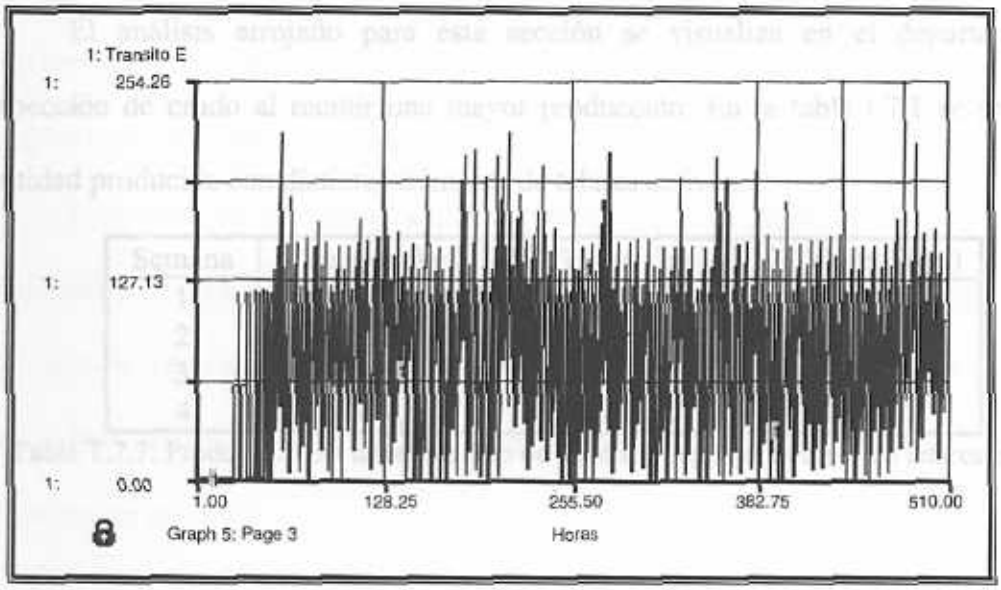
En éste análisis se procedió a mantener la producción de bobinas con hilo 16 Ne con 6 máquinas de continua y eliminando una de las secciones de enconado.

En esta experimentación se observa, a través de la gráfica g.7.4, casi los mismos resultados que en el escenario N# 1, siendo los resultados al final del primer mes de operación de 1.471,1 Kg. de hilo equivalentes a 115 cajas en espera de ser procesado.



gráfica. G.7.4: Sensibilidad N# 4

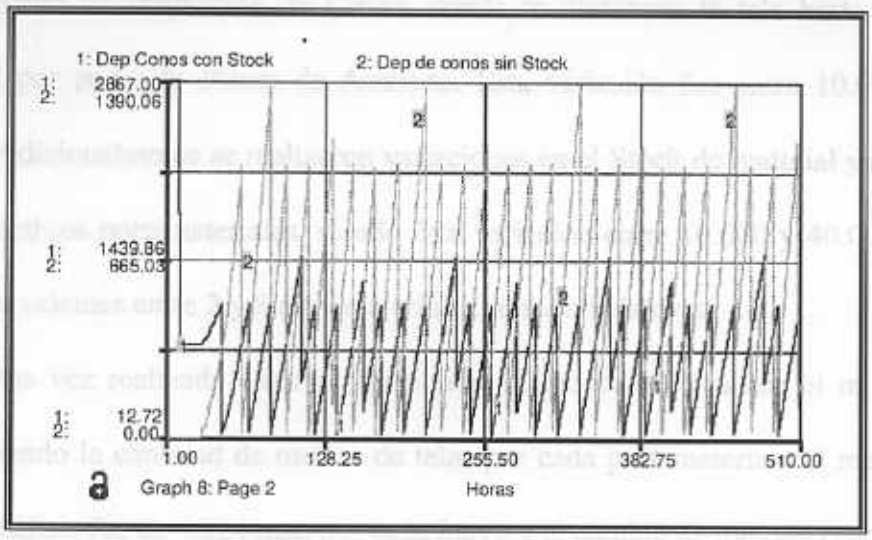
En la gráfica g.7.5 se visualiza como la cantidad de material en proceso cuando se tiene arranque y parada de la 5ta sección de enconado se mantiene en nivel estacionario, siendo su valor máximo de 254,3 Kg. equivalentes a 20 cajas con bobinas de hilo de continua y un valor minimo de 64,82 Kg. equivalentes a 5 cajas, siendo ésta alternativa la más favorable.



gráfica G.7.5: Sensibilidad N# 5

- *Sensibilidad 5*: Mantener el deposito de hilo con y sin stock.

La experimentación en ésta área se realizó con la máquina Autoconer operando con las 5 secciones e incluyendo 2 telares más para un total de 12 telares.



gráfica G.7.6: Sensibilidad N# 6

Al observar la gráfica g.7.6, no hay mucha diferencia en el tiempo de respuesta, sólo para los 4 primeros anti-plegadores.

- *Sensibilidad 6*: Activación de más telares.

El análisis arrojado para ésta sección se visualiza en el departamento de inspección de crudo al recibir una mayor producción. En la tabla t.7.1 se presenta la cantidad producida con distintos números de telares activos.

Semana	8 Telares (kg.)	10 Telares (kg.)	12 Telares (Kg.)
1	6.612,8	7.034	8.728,9
2	6.515,3	7.354	8.950,4
3	6.837,0	7.283	8.753,2
4	6.554,5	7.786	8.990,1

Tabla T.7.7: Producción del departamento de tejeduría según el número de telares activos.

- *Sensibilidad 7*: Variación del Stock en Crudo y metraje de los portamateriales.

Para éste análisis se procedió a definir una cantidad fija inicial de telas para el departamento de Inspección de Crudo, donde se almacena la tela hasta su posterior solicitud por parte de Planta de Acabado. Ésta variación fue entre 10.000 y 50.000 metros. Adicionalmente se realizaron variaciones en el Stock de material ya montado en sus respectivos portamateriales, siendo ésta variación entre 10.000 y 40.000 metros de telas, equivalentes entre 2 y 8 portamateriales, aproximadamente.

Una vez realizada estas simulaciones, se procedió a realizar el mismo análisis pero variando la cantidad de metros de telas por cada portamaterial. El metraje normal para el análisis fue de 4.824 mts. por cada *burro* y el cambio de metraje propuesto fue de 3.000 mts. por *burro*. Esta variación del metraje de tela por cada portamaterial es con la finalidad de evaluar la propuesta presentada por el personal de la planta.

Para ambos análisis se reportan en promedio tres portamateriales entre cada proceso, siendo éste un valor favorable, ya que actualmente la planta está en capacidad de procesarlos el mismo día.

7.4 Planteamiento de las Propuestas.

Una vez realizado la experimentación en aquellos fases de la producción más significativas, se hace necesario realizar una comparación y evaluación de las mismas. Para ellos se tomarán en forma conjunta las alternativas más favorables para cumplir con uno de los objetivo de este trabajo de investigación, que es la de reducir el inventario de productos en proceso.

Alternativa 1: El planteamiento general para buscar una reducción del inventario y agilizar el tiempo de respuesta de la Planta, fue el siguiente:

1.) Para las máquina Autoconer, dejar funcionando en forma continua 4 de las 5 secciones y la sección N# 5, activarlo cada dos turnos de trabajo por espacio de 8 horas. Esto con la finalidad de mantener una alimentación constante para ésta sección y evitar paradas por escasez de material.

2.) Para el depósito de hilo, disponer la cantidad de 1.436 conos con hilo de título 16 Ne. con la finalidad de agilizar el tiempo de respuesta entre las secciones de enconado y la máquina Urdidora. Este stock de hilo permitirá la preparación de por lo menos 4 anti-plegadores y así dar oportunidad a la máquina Autoconer de preparar el resto del material. Al no disponerse esta cantidad de material, el tiempo de respuesta entre éstas dos secciones se incrementaría en 3,5 días para poder realizar la primera "urdida".

3.) Para el departamento de Tejeduría, disponer la cantidad de 12 telares para la producción del género Drill, para satisfacer el estimado de ventas mensuales de la empresa de aproximadamente 90.000 mts.

4.) Para Planta de Acabado, disponer un stock de tela cruda de 40.000 mts. dispuesto de la siguiente forma: 10.000 mts. como inventario de seguridad en el departamento de inspección de crudo equivalentes a 13 cilindros con 2 cuerpos de tela cada uno y 30.000 mts. montados en los respectivos portamateriales con el metraje actual que maneja la planta, siendo aproximadamente de 6 *burros*.

5.) Para el almacén de Productos Terminados, disponer de un stock mínimo de 60.000 mts. de tela con la finalidad de satisfacer las fluctuaciones de la demanda.

6.) Disponer de dos turnos de trabajo para la máquina Osceola .De esta manera se agilizaría el procesamiento de material entre el tren G.A.S. y la Osceola, evitando que parte del material que se procesa en el turno de la tarde en la máquina tren G.A.S. se quede en espera hasta el día siguiente.

Como se mencionó anteriormente, al no disponerse de los datos de ventas en la mánera exigida por el modelo de simulación (ventas por hora), el análisis abarcará hasta la llegada de material al almacén de productos terminados.

Alternativa 2: Para ésta alternativa se proponen varios cambios en Planta de Acabado y para el caso de Planta Textil mantener invariables los parámetros especificados en la alternativa N# 1.

1.) Reducir el metraje de los portamateriales del metraje actual de 4.824 mts a 3.000 mts. Esto con la finalidad de procesar el metraje total existente en el portamaterial, evitar la escasez de productos químicos y por lo tanto frecuentes paradas de la planta que influyen en el tiempo de respuesta y ocasionan acumulamientos de material entre las máquinas. Con ésta opción se pretende evaluar la propuesta presentada por el personal de la empresa en cuanto a la reducción del metraje de los portamateriales.

2.) Disponer un stock de tela cruda de 25.000 mts. dispuesto de la siguiente forma: 5.000 mts. en el departamento de inspección de crudo como inventario de seguridad, equivalentes a 6 cilindros con 2 cuerpos de tela cada uno y 20.000 mts. montados en los respectivos portamateriales con el nuevo metraje, siendo aproximadamente de 7 *burros*.

3.) Para el almacen de Productos Terminados, disponer de un stock mínimo de 75.000 mts. de tela con la finalidad de satisfacer las fluctuaciones de la demanda.

7.5 Evaluación y Selección de las Propuestas.

Una vez presentada estas dos alternativas, se procederá a realizar la evaluación económica que permita escoger la mejor de ellas y que a la vez sea favorable para la empresa.

En ésta evaluación se utilizaron los costos de producción de la tela en cada una de las secciones. Estos costos en el caso de la mano de obra no incluye lo referente a las tarifas por concepto de pago de incentivo.

Para las dos alternativas que se presentan, se propone la inclusión de un turno adicional de trabajo por lo que habrá de disponer de dos nuevos operarios para la máquina Osceola generando un costo de mano de obra adicional que se incluye en ésta evaluación. En el caso del departamento de Tejeduría, al activar dos nuevos telares, esto no generan costos adicionales por concepto de mano de obra ya que el personal actual puede ser redistribuido entre las zonas de trabajo.

A continuación se presenta la tabla t.7.2, donde se muestra comparativamente el costo de implantar cada una de las alternativas para el primer mes de operación.

	Costo prod. (Bs/un.)	Cantidad	Altern. N# 1 Costos (Bs./mes)	Cantidad	Altern. N# 2 Costos (Bs./mes)
Stock en enconadora	42,73 /kg	158,91 Kg.	6.790,22	158,91 Kg.	6.790,22
Stock plegadores.	7,85 /Kg	5.350,8 Kg	42.003,78	5.350,8 kg	42.003,78
Stock hilo 16 Ne.	42,73 /kg.	1.436 kg	61.360,28	1.436 kg	61.360,28
Stock en inpección de crudo	359,37 /mt	10.000mt	3.593.700	5.000 mt	1.796.850
Stock en portamateriales	359,37 /mt	30.000mt	10.781.100	20.000mt	7.187.400
Stock en almacén Productos terminado	536,46 /mt	60.000 mt	32.187.600	75.000mt	40.234.500
Costo Total (Bs)			46.672.554,30		49.328.904,28

Tabla T.7.8: Tabla comparativa de las propuestas presentadas.

Como las propuestas para mantener el stock de 100.000 mts de telas ésta basado para un mes de trabajo y como el promedio de stock que se refleja en la simulación ésta basado para un mes de operación, se puede concluir que los costos de mantener estos niveles de inventarios presentados en las dos alternativas son válidos para un mes.

Adicionalmente a estos costos hay que anexarle los costos por concepto de mano de obra directa.

	Alternativa 1 (Bs/mes)	Alternativa 2 (Bs/mes)
Costo mantener niveles de inventarios	46.672.554,30	49.328.904,28
Costo por M.O.D.	47.277,00	47.277,00
Total	46.719.831,30	49.376.181,28

Tabla T.7.9: Costo de inversión por cada alternativa.

Por último, el tiempo de respuesta para la alternativa N# 1 es de aproximadamente de 15 días para procesar 15.000 mts de tela, y para la alternativa N# 2, el tiempo de respuesta para la misma cantidad de metraje es 10 días aproximadamente.

Debido a que el uno de los objetivos de éste trabajo de investigación es la de reducir los niveles de inventarios y en vista de que la diferencia en el tiempo de respuesta es aceptada por el cliente, como tiempo máximo de espera, la alternativa más favorable según este análisis es la alternativa N# 1.

A continuación, se presenta en la tabla t.7.9 los costos de mantener el inventario actual de Telares, con el fin de tener una base de comparación.

	Costo prod. (Bs/un.)	Cantidad*	Situación actual (Bs/mes)*
Stock en enconadora	42,73 /kg	N/D	- - - - -
Stock plegadores.	7,85 /Kg	5.350,8 Kg	42.003,78
Stock hilo 16 Ne.	42,73 /kg.	N/D	- - - - -
Stock en inpección de crudo	359,37 /mt	20.000 mt	7.187.400,00
Stock en portamateriales	359,37 /mt	100.000mt	35.937.000,00
Stock en almacén Prod. Term.	536,46 /mt	30.000 mt	16.093.800,00
Costo Total (Bs)			59.260.203,78

* Promedio de los meses de septiembre y agosto de 1995.

Tabla T.7.10: Costos de mantener inventario con la situación actual.

CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

8.1 Conclusiones.

La simulación como una técnica de predicción tiene sus ventajas y limitaciones; es muy importante conocer previamente el funcionamiento de todo el sistema con profundidad y realizar un estudio previo de factibilidad antes de tomar esta vía como la forma de resolver cualquier problema, cuantificando las variables del sistema, además de tener la posibilidad de obtener datos estadísticos sobre el funcionamiento del mismo.

Es necesario resaltar, que los resultados obtenidos al utilizar ésta técnica, no deben ser tomados como soluciones a los problemas planteados, ya que siempre se corre con el riesgo de no tomar decisiones adecuadas

La propuesta final presentada en este trabajo ofrece la ventaja de reducir los costos de producción en 9.587.649,48 Bs. con respecto a la situación actual, sin tomar en consideración los costos de producir y tener stock de material en el área de enconado y deposito de hilo, además de poder mantener unos niveles de inventarios acorde a los programas de producción de la Planta. Con ella se disminuiría las posibilidades de que vuelvan a surgir nuevos problemas de acumulamiento de material, agilizando el flujo de material de un departamento a otro, sin que se presenten distorsiones en los programas de producción, por lo que obtienen mejoras en el tiempo de respuesta de la Planta.

Existen un gran cantidad de factores que influyen y condicionan la producción tanto Planta Textil como en Planta Acabado siendo los productos químicos uno de ellos, por lo que las proposiciones descritas anteriormente tiene un costo asociado que debe ser

considerado antes de tomar cualquier decisión para modificar el sistema, ya que los costos tomados en cuenta sólo son costos directos que intervienen en la producción.

Otro de los factores que inciden significativamente a la hora de tomar decisiones sobre cual deben ser los niveles de inventarios, son las ventas. Si no se logra adaptar los programas de producción de la planta hacia unos estimados de ventas acorde a la realidad de la demanda, la alternativa propuesta en éste trabajo no resolvería los problemas que surgen a la hora de manejar inventarios de productos en proceso.

8.2 Recomendaciones.

A continuación se dan algunas recomendaciones generales que habrán de tomarse en cuenta a la hora tomar en consideración la alternativa propuesta.

- Es imprescindible llevar estadísticas escritas de los tiempos que tarda la realización de las diversas etapas del proceso, especialmente en el área de Hiladería de Planta Textil y todas las áreas de Planta de Acabado, sólo teniendo este historial se pueden realizar estudios tan complejos como éste acerca del comportamiento del sistema.
- Cuando se implanten planes de mantenimiento preventivo, estos deben ser cumplidos continuamente. En el caso de que no se disponga del personal requerido solicitar la ayuda de tercero para el cumplimiento de los mismos, bajo costo de contratación. Sólo así se podrá reducir la alta frecuencia de fallas presente en Planta de Acabado y evitar incrementos del tiempo de respuesta, además de frecuentes deterioros de la tela.
- Para un mejor control de la producción para tratar de conocer qué producir, cómo y cuándo, debe haber una estrecha coordinación entre los departamentos de

planificación de Ventas y planificación de la producción. Esta planificación debe ser específica, el personal del área debe conocerla a priori con el tiempo necesario para que se pueda realizar una planificación interna y evitar paradas de la producción por frecuentes reprogramación de la misma.

- Establecer una línea de comunicación continua entre los departamentos para un mejor funcionamiento del sistema.

Al implantar las recomendaciones expuestas será necesario hacer un seguimiento y una evaluación continua para corroborar el correcto funcionamiento de todo el sistema y efectuar los ajustes necesarios.

GLOSARIO.

Apresto: Proceso realizado a la tela a base de sustancias o productos químicos para darle acabado a las telas, por ejemplo: resina, suavizantes, etc.

Bobina: Portamaterial utilizado en Planta Acabado para colocar las canilleras de hilos a ser descrudadas, blanqueadas y/o teñidas.

Burro: Portamaterial utilizado para el transporte de un departamento a otro de las bobinas/rollos de telas en grandes cantidades.

Calandras: Son dos cilindros que se encuentran en la zona de descarga del material en las máquinas de cardas y manuares, y cuya finalidad es darle orientación a la salida del material. Estas calandras poseen una diámetro determinado, con el que se relaciona la velocidad angular, para obtener así la velocidad de salida de la cinta que sale de la máquina.

Carro: Portamaterial utilizado para el traslado interno en Planta Acabado de las telas de toallas y sabanas en forma plegada, (no enrollada), para una mejor revisión de la misma.

Descrude: proceso de limpieza de la fibra de la tela. En éste proceso no se blanquea la tela.

Género: Término utilizado en Planta Acabado para definir el producto que se maneja: Drill, Sabanas, Entretela y Toallas, que después de clasificará por su tipo y referencia.

Hank: Medida de longitud utilizado por hilanderia para determinar la cantidad de tela producida por turno de trabajo y es utilizado como base para el cálculo de los incentivos de los trabajadores.(1 Hank = 840 yardas).

Hilo De Polyester: Hilos formados por fibras sintéticas para imitar a las fibras de algodón.

Husos: Cilindro macizo colocado en la zona de alimentación de las máquinas continuas de anillos, Autoconer y retorcedoras, sobre el cual se colocan las bobinas de hilos.

Modelo: Es la representación por medio de un instrumento de una actividad humana o de la vida cotidiana.

Napas: Manta formada por fibras de algodón y/o polyester.

Ne: Título o número inglés de la napa, cintas, mechas e hilos expresados en función del peso y la longitud. [longitud/peso]

Neps: Fibras de algodón inmaduras que se han ensortijado/empelotado.

Pic: Medida de longitud utilizado por tejeduría para determinar la cantidad de tela producida por turno de trabajo en el departamento de hilandería y es utilizado como base para el cálculo de los incentivos de los trabajadores. (1 Pic = 1000 pasada).

Tara: Término utilizado en los distintos departamentos de control del proceso textil, cuando se detecta una falla y/o defecto de cualquier tipo en el tejido. (Neps, empelotamiento, descosido, etc.).

Tela Cruda: Tela procedente del departamento de tejeduría, y ésta sin tratamiento alguno. Su color es la de un beige claro. Este color es debido al color semiamarillento de algunos tipos de algodón y al proceso de engomado de los hilos.

Trama: Hilos o pasadas que se entrecruzan con los hilos longitudinales o urdimbre para formar la base y el ancho de la tela.

Urdimbre: Son los hilos que se entrecruzan con los hilos transversales o trama para formar la longitud de la tela.

BIBLIOGRAFÍA.

Chase / Aquilano. *Dirección y Administración de la Producción y de las Operaciones*; Addison-Wesley Iberoamericana. 6ta Edición. 1994.

Contreras, José; *Politicas de Empresas*. Trabajo de Investigación. IESA. 1988.

Davis / Mc. Keown, *Modelos Cuánticos para Administración*. Grupo editorial Iberoamérica, Septiembre 1986.

Frederick S. Hiller / Gerald J. Lieberman, *Introducción a la Investigación de Operaciones*;. McGraw - Hill. 5ta edición.

George W. Plossl., *Control de la Producción y de Inventarios*, Principios y Técnicas. Prentice-Hall Iberoamericana, S.A. 2da Edición.1987.

Gustavo Pirela, *Guia de Ingenieria De Métodos*. Universidad Católica "Andrés Bello", Marzo 1991.

Jonh E. Freud / Ronald E. Walpole, *Estadistica Matemática con Aplicaciones*;. Prentice Hall Iberoamericana, S.A. 4ta Edición, 1990.

Herramientas Básicas para el Mejoramiento Continuo de la Efectividad del Desempeño; Gerencia de Mejoramiento Continuo. Corpoven, S.A. Julio 1992.

I'THINK "The visual thinking tool for the 90's"; Tutorial and Technical Reference. Software from High Performance Inc. 1992.