TESIS
ID998
M35
V.1

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

"ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE CALIDAD EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE SÁBANAS DE UNA PLANTA DE ACABADOS TEXTILES, BASADO EN EL DISEÑO DE EXPERIMENTOS"

Este Jurado, una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su Contenido con el resultado: - Diez y Nueve -

JURADO EXAMINADOR

Firma: Nombre:
Firma: Nombre: Rafael Hernández
Firma: Nombre: LUIS A. GUTIERREZ L.

Universidad Católica Andrés Bello
BIBLIOTECA
Caracas

REALIZADO POR **MARTINS F, MARBELY D.**
RODRÍGUEZ V, RONALD.

PROFESOR GUÍA **Dra. AMÉRICA ODREMAN DE GALAVIS.**

FECHA **SEPTIEMBRE DE 1998**

Cree consistencia y continuidad de propósito para mejorar
Dr. Edward Deming.

A *Dios*, porque tú eres mi hacedor, y en ti confío.

A *Mis Padres*, por ser mi inspiración a luchar sin desfallecer.

A *Mis Hermanos*, por ser un apoyo incondicional.

A *Ale*, por brindarme ánimo en todo momento.

A *C.A. Telares de Palo Grande*, por darme la oportunidad de realizar este trabajo.

A la *Dra. América Odreman de Galavis*, por guiarme para la ejecución de este trabajo.

Al Lic. *José Luis Pacheco*, Al *Ing. Diego Casañas* y al *Ing. Armando Gallo*, por toda su ayuda brindada.

A *Ronald* por ser un excelente compañero y junto con él, toda su *Familia.*

No puede la Gaviota desarrollar altas velocidades sin el apoyo de sus compañeros.

Marbely Martins

A *Dios*, por darme fuerza y constancia.

A mi *Familia*, por ser fuente de inspiración para superarme día a día.

A *C.A. Telares de Palo Grande*, por las oportunidades otorgadas.

A la *Dra. América Odreman de Galavis*, por entregarme su confianza, experiencia y guiarme correctamente en el trabajo realizado.

Al *Lic. José Luis Pacheco*, por la colaboración prestada.

Al *Ing. Armando Gallo*, por ser un amigo incondicional.

A la *Ing. María Eugenia Quijada*, por estar siempre a mi lado.

A la *Ing. Mariela Guillen Gudiño*, por su colaboración prestada.

A *Marbely*, por ser una excelente persona y compañera.

Ronald Rodríguez

Índice

Introducción..... I

Sinopsis..... 1

Capítulo I: La Industria Textil.

1.1 Historia de la Industria Textil..... 3

1.2 Perspectivas de la Industria Textil en Latinoamérica..... 4

1.3 Industrial Textil en Venezuela..... 5

1.4 Reseña histórica de Telares de Palo Grande..... 6

1.4.1 Tipos de Productos Textiles..... 6

1.4.2 Fuentes de Materia Prima..... 7

Capítulo II: Objetivos.

2.1 Objetivos 9

2.2 Alcance y Limitaciones..... 9

Capítulo III: C.A.Telares de Palo Grande Actualmente.

3.1 Descripción del Proceso Industrial Textil de la Elaboración de sábanas..... 10

3.2 Situación Actual de la Empresa..... 14

Capítulo IV: Marco Teórico.

4.1 Diseño de Experimentos..... 15

4.1.1 Concepto..... 15

4.1.2 Aplicaciones del Diseño Experimental..... 15

4.1.3 Método de Yates..... 16

4.1.4 Diseño de Experimentos Factoriales 2^k..... 17

4.1.5 Diseños de Experimentos Factoriales Fraccionados de Dos Niveles... 20

4.2 Diagramas de Control..... 21

4.2.1 Concepto..... 21

4.2.2 Aplicación de los Diagramas de Control..... 22

4.2.3 Selección de los Límites de Control..... 23

4.2.4 Tamaño Muestral y Frecuencia de Muestreo..... 23

4.2.5 Diagrama de Control por Atributo..... 23

4.2.6 Diagrama de Control por Variable..... 25

Capítulo V: Metodología

5.1 Metodología del Trabajo Especial de Grado..... 29

5.2 Resumen Esquemático del Trabajo Especial de Grado..... 30

Capítulo VI: Control de Calidad Basado en el Diseño de Experimentos

6.1 Identificación de los Principales Problemas en la Línea de Sábanas..... 31

6.2 Análisis de las Variables del Proceso para el Diseño de Experimentos.. 32

6.2.1 Selección de las Variables del Proceso..... 32

6.2.2 Determinación de las Variables Significativas del Proceso..... 33

6.3 Determinación de los Niveles de las Variables Significativas del Proceso..... 35

6.4 Seguimiento del Proceso..... 35

6.5 Resumen Esquemático de la Metodología de Control de Calidad..... 36

Capítulo VII: Complementando la Calidad.

7.1 Desempeño del laboratorio en el Control de Calidad..... 37

7.1.1 Objetivos..... 37

7.1.2 Coordinación de las Actividades del Laboratorio con la Línea de Producción de Sábanas..... 38

7.2 Plan de Entrenamiento y Capacitación del Personal..... 40

7.3 Planes de Contingencia..... 43

7.3.1 Aspectos Generales..... 43

7.3.2 Eventos..... 43

Capítulo VIII: Resultados y Análisis

8.1 Clasificación y Descartes de los Defectos..... 44

8.2 Comprobación del Control Estadístico del Proceso..... 45

8.3 Selección de las Variables Experimentales..... 54

8.4 Experimento Inicial..... 55

8.5 Experimento de Gran Extensión..... 57

8.6 Influencia Económica de las Variables Significativas del Proceso de Acabados en los Costos de Producción..... 61

8.7 Propuestas de Mejoras Para el Control de las Variables Significativas.. 63

Capítulo IX: Conclusiones y Recomendaciones.

9.1 Conclusiones..... 65

9.2 Recomendaciones..... 66

Bibliografía..... 68

Introducción

A las puertas del tercer milenio, el mundo industrial actual nos exige cada día el empleo de herramientas factibles y sobre todo que sean eficientes y eficaces.

Es así como la técnica de Diseños de Experimentos representa dentro de nuestra carrera de Ingeniería Industrial, una arma valiosa a emplear. Además el hecho de que sus raíces son netamente estadísticas permiten situarla entre las más confiables.

En la actualidad, la calidad ya no es un lujo sino una necesidad reclamada por el cliente, además ante los nuevos y mejores métodos de producción, las empresas se ven forzadas a mejorar día a día para así evitar ser desplazadas del mercado. Por todo esto la industria textil no escapa de esta realidad, es así como surge el tema, donde se pone de manifiesto la técnica de Diseños de Experimentos (con gran aplicabilidad en este tipo de industria) en servicio del control de la calidad.

Sinopsis

La Industria textil venezolana ante la globalización, requiere producir artículos de excelente calidad para lograr ser competitiva en el mercado mundial.

C.A. Telares de Palo Grande consciente de esta realidad, requiere de controles que permitan regular procesos y producir artículos libres de deficiencia, es decir, artículos que satisfagan las necesidades de los clientes.

En la actualidad, la empresa cuenta con las siguientes líneas: Sábanas, Toallas, Entretelas, Cobijas y Drilles, siendo la línea de sábanas la que posee mayores problemas de calidad. Es por ello que el presente trabajo especial de grado consistió en la "Elaboración de una metodología para el control de calidad en la línea de producción de sábanas de una planta de acabados textiles, basado en El Diseño de Experimentos", y que a través de la misma se lograra el análisis de las variables que afectan a la línea.

La estructura de la metodología de Control de Calidad fue la siguiente:

- Conformación del grupo de control de calidad: Representa la integración de un grupo heterogéneo, capaz de identificar cualquier problema de calidad referente a la tela.
- Recopilación de la Data: Consiste en la recopilación y clasificación de los datos según la información respecto a calidad.
- Clasificación y descarte de defectos: Se refiere al descarte de los defectos menos recurrentes en la tela, por medio del Diagrama de Pareto.
- Comprobación del control estadístico: Se efectúan Diagramas de Control, para verificar el control del proceso, y así orientar la experimentación a mejoras, o a detección de parámetros significativos para disminuir la variabilidad del proceso.
- Selección de las variables experimentales: A través del Diagrama Causa Efecto, se realizan discusiones y análisis de las variables que deben escogerse del proceso, para incluirlas en el Diseño de Experimentos.
- Experimento Inicial: Constituye un experimento de aprendizaje y permite descartar algunas variables consideradas.

- Experimento de Gran Extensión: Se efectúa para el cumplimiento del objetivo principal de determinar las variables o/y las interacciones significativas del proceso de acabados de las sábanas.
- Determinación de los niveles de las Variables Significativas del Proceso: Mediante Diseños de Experimentos, se determinan los niveles óptimos de las variables o/y interacciones significativas.
- Seguimiento del Proceso: Su finalidad es mejorar y preservar el control estadístico del proceso.
- Complemento de calidad: Se basa en la inclusión del desempeño del laboratorio en el control de calidad de la línea de sábanas, por medio de recomendaciones y propuestas de formatos entre otros. Así como también un plan de entrenamiento y capacitación del personal que representa los principios básicos para su aplicación, y además un complemento de planes de contingencia que deben aplicarse frente a posibles eventualidades que se presenten en la línea de sábanas.

A través de dicha metodología, de determinó que la línea de sábana estampada, es la que presenta mayor cantidad de defectos, además los procesos para dichas sábanas se encuentran fuera de control estadístico y esto se debe en forma general a la falta de control sobre las variables del proceso de acabados. Los experimentos determinaron que dentro del proceso de acabados de las sábanas estampadas son influyentes las variables: Velocidad de Estampación, Tensión en la Rama, tiempo en la fosa, y las interacciones: Velocidad de Estampación-Porcentaje de Algodón, Tensión en la Rama-Porcentaje de Algodón, y Velocidad de Estampación-Viscosidad del pigmento. Si la empresa controla el nivel de estas variables e interacciones, logra disminuir notoriamente la cantidad tela de segunda calidad, así como minimizar los reprocesos existentes, que representan un ahorro del 1.83% del costo total de una sábana estampada confeccionada.

Capítulo I

La Industria Textil

1.1 Historia de la Industria Textil.

Los primeros artesanos de la edad antigua, usando sólo herramientas rudimentarias, podían producir tejidos tan finos como los que se conocen hoy en día. Restos de telas hechas en telares manuales, han sido encontrados, que se pueden comparar con telas modernas. Era la habilidad y la paciencia de los trabajadores, lo que determinaba la calidad de los bienes y no así las herramientas.

Durante el siglo XIX América fue el origen de la materia prima, lana y algodón fueron llevados a los países europeos a cambio de materiales acabados, siendo Inglaterra con la aparición de la revolución industrial, el país de mayor producción de tejido.

El capital invertido y los diestros artesanos tenían la necesidad de establecer una industria que permaneciera hasta mucho después de la revolución americana. Era justamente esta necesidad de capital y esa práctica labor que hicieron de los colonos unos prolíficos innovadores en el ahorro de trabajo, la desmotadora de algodón de 1793 es un claro ejemplo. Al mismo tiempo que la máquina desmotadora de algodón daba la llave al crecimiento del algodón americano, Samuel Slater estaba colocando las bases de la fundación de productores de hilo americanos y John Schofieled dio el primer paso al formar la industria textil americana.

A mediados de 1800, las hilanderías y textileras invadieron a los Estados Unidos y Europa, millones de acres de tierra fueron usadas para cosechar algodón o para criar ovejas. Una industria de tintes sintéticos fue creada para satisfacer los deseos de colores brillantes y patrones caprichosos. Los acabados de las telas se convirtieron en un arte, con el avance de la tecnología.

A finales del siglo XIX el mundo había cambiado radicalmente un pequeño grupo de artesanos eran reemplazados por un gran número de semiartesanos operadores de máquinas y su capacidad de producir era mucho mayor, logrando mayores volúmenes a menores costos. La primera fibra de rayón hecha por el hombre fue desarrollada en Francia durante 1880, siguiendo esta exitosa introducción, la industria textil se oriento más hacia la química que a los aparatos mecánicos.

Para finales de 1930 se comercializó la primera fibra sintética (nylon). El desarrollo de otras fibras sintéticas después de la segunda guerra mundial, trajo sofisticación y experiencia técnica a la industria textil, lo cual dio como resultado las innovaciones tecnológicas de los años 60 y 70. (1)

1.2 Perspectivas de la Industria Textil en Latinoamérica.

Las últimas dos décadas han sido bastante difíciles para los países latinoamericanos, las elevadas tasas de inflación, provocadas por déficit crónico en los presupuestos gubernamentales, la gran carga por concepto de deuda externa y diversas crisis políticas han sido las principales causas del deterioro de las actividades industriales, en forma especial en Brasil, Argentina, México, Perú y Venezuela.

En general el comportamiento de la industria textil latinoamericana ha tenido muchos altos y bajos debido principalmente a los diversos programas de estabilización económica, los cuales en su mayoría no han tenido el éxito esperado. El empobrecimiento con escasas excepciones, que aqueja a los países del continente, ha provocado situaciones recesivas, donde la demanda de productos textiles y otros bienes de consumo han caído ante la disminución del poder adquisitivo.

Es importante destacar que los países fueron afectados en parte por el retraso cambiario respecto de la evolución de sus costos internos y en parte por la antigüedad de los equipos, alejando al sector textil de la necesaria competitividad. Sin embargo, no todo es negativo, también existen ventajas, como por ejemplo el bajo costo de mano de obra, el cual se sitúa entre US$ 1,23 y 2,21 la hora, mientras que en los países industrializados llegan a pasar de los US$ 16 la hora, sin embargo, en muchas oportunidades esta aparente ventaja se pierde porque el bajo costo de mano de obra viene acompañado de ineficiencia y baja productividad.

Otro aspecto importante a tomar en cuenta, es la firma y ratificación de los tratados de libre comercio como lo son: MERCOSUR, PACTO ANDINO, CARICOM, NAFTA y otros, permitiendo la apertura de las importaciones, siendo esto negativo para las industrias textiles latinoamericanas que no supieron aprovechar el

proteccionismo y muy positivo para aquellas que se han preocupado por cuidar sus niveles competitivos.

1.3 Industria Textil en Venezuela.

La Industria Textil Venezolana ha sufrido una transformación en los últimos años, tratando de convertirse en exportador en lugar de abastecer solamente el mercado local. Para mediados de los años 80, la capacidad de producción aumentó de 85 millones de Kg. a 120 millones de Kg., esto se debió en gran parte a que la industria textil había pasado de tener una intensiva mano de obra y bajo capital a una industria de alta inversión en capital y mano de obra económica, dado los adelantos tecnológicos. El grado de modernización para dicha época se elevó al punto de que el 48% de los equipos modernos no tenían más de 10 años.

Al reducirse el poder adquisitivo del venezolano en aproximadamente el 50% de lo que fue en 1984, el consumo local bajó considerablemente obligando a la industria a buscar nuevos mercados, para lo cual hace esfuerzos en mejorar su calidad y eficiencia para poder competir en el mercado internacional.

Uno de los factores que está mermando actualmente las ventas al mercado local es la apertura a las importaciones, reduciendo considerablemente los aranceles, es así como las industrias venezolanas piden la presencia de mecanismos que protejan la producción nacional de la competencia desleal, la cual deriva de las prácticas de *dumping*, *subfacturación* y otras modalidades que distorsionan el intercambio comercial, por tanto lo que sería una apertura comercial beneficiosa en la medida en que el sector fuese más eficiente, productivo y aplicase ligeramente el proceso de reconversión industrial, no es otra cosa que una competencia desleal contra la industria textil venezolana. Ante esta situación es necesario que Venezuela haga efectiva una Ley Antidumping e igualmente la adopción de "Precios de Referencia", que sugieren los empresarios como esquema eficaz para combatir la competencia desleal que aplican las naciones desarrolladas.(3)

En la actualidad el Ince Textil, la Asociación Textil Venezolana y la Asociación de Químicos y Coloristas Textiles trabajan coordinadamente para desarrollar dos carreras textiles:

- Formación de Técnicos Medios Textiles mención seca (hilandería y Tejeduría) y mención húmeda (teñido, estampado y apresto).
- Formación de Técnicos Superiores Universitarios Textiles con una duración de 6 semestres.

1.4. Reseña Histórica de Telares de Palo Grande.

En la esquina de Palo Grande de la avenida San Martín, el 24 de Enero de 1.920, es el inicio de C.A. Telares de Palo Grande, empresa que se planteó como principal objetivo el de fabricar hilos y tejidos con algodón de cosecha venezolana.

De las empresas textiles del país la C.A. Telares de Palo Grande tiene un sitial de honor, debido al hecho de que a través de su historia se ha preocupado en modernizar todo su tren hilandería, tejeduría y acabados. Para el año de 1.950 el Sr. Henrique Blohm es elegido Presidente de la empresa y el 9 de Febrero de 1.961 es inaugurada una nueva fábrica en Caricuao.

Actualmente, C.A. Telares de Palo Grande, posee una estructura integrada verticalmente desde la producción de hilo hasta el producto terminado, contando con controles de calidad durante toda la línea de producción, su estructura esta en un proceso de cambio, para facilitar el ajuste a las condiciones de ISO 9.000.

Gracias a la excelente calidad de sus productos y lo competitivos de sus precios, C.A. Telares de Palo Grande los distribuye a través de toda la geografía nacional y logra exportar hacia países como: Estados Unidos, Alemania, Colombia, Barbados, Trinidad, Aruba, Jamaica, República Dominicana, etc.

1.4.1 Tipos de Productos Textiles.

Las principales líneas de productos que ofrece C.A. Telares de Palo Grande son los siguientes:

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

- Telas de Sábanas: Este tipo de producto fabricado de algodón 100 % y mezcla algodón poliéster se clasifica según la utilidad a desempeñar:

  1. Telas Unicolores y Estampadas: Utilizadas en la elaboración de sábanas, cubrecamas, edredones, cojines y set de baño de la marca *"Ama de Casa"*.
  2. Telas para toallas: Las toallas se elaboran con hilos teñidos previamente o sin teñir, dependiendo del diseño de las mismas.
  3. Telas industriales: Liencillo, Drill y Entretelas, estos tipos de telas están destinados a ciertos accesorios de la industria de la confección de uniforme, fabricantes de colchones, etc.
  4. Tela de Moda: Kaki Palo Grande, este tipo de tela está destinado a la confección de moda.
  5. Tela para Cobija: Se emplea para la elaboración de cobijas escocesas y unicolores.

Todos las sábanas se rigen por las especificaciones de los clientes y cumplen con las normas COVENIN. Telares de Palo Grande tiene dos años implementando las normas ISO 9.000, todo esto para garantizar que las telas producidas sean de excelente calidad.

Como en todo proceso productivo, se genera material de desecho, el cual se transforma en otros productos tales como: coletos, mopas, rellenos para colchones y almohadas, estopas, algodón hidrófilo aséptico entre otros.

1.4.2 Fuentes de Materia Prima.

En el proceso de la elaboración de telas para sábanas de la marca *"Ama de Casa"*, se emplean diferentes materias primas para obtener las características de calidad deseadas, las cuales son:

- *Algodón:* Tipo: Acala; Grado: M^{+}/M Longitud Pull: 1 5/32"; Origen: Venezuela.
- *Poliéster:* Tipo: Fibra Acrílica; Longitud Promedio: 38mm; Origen: Colombia y Japón
- *Colorantes:* Tipos: Tina, Directos, Dispersos, Fluorescentes, Indigosoles, Naftol, Pigmentarios, Reactivos, Tina solubles, Origen: Estados Unidos y Europa.

- *Insumos Químicos*: Detergentes, Antimigrantes, Soda Cáustica, Agua Oxigenada, Ácido Acético, Ácido Sulfúrico, Alcohol Isopropílico, Antiespumantes, Estabilizantes, Ligantes, Catalizadores, Suavizantes; Origen: Venezuela, Estados Unidos y Europa.[1]

[1] Información suministrada por C.A. Telares de Palo Grande.

Capítulo II

Objetivos

La finalidad del estudio es "*La Elaboración de una metodología para el Control de Calidad en la Línea de Producción de Sábanas de una Planta de Acabados Textiles, basado en El Diseño de Experimentos*".

2.1. Objetivos.

Generales:

- Analizar las variables que afectan la línea de producción de sábanas.
- Elaborar la estructura de una metodología para llevar el control de la calidad de la línea de producción de sábanas, basado en El Diseño de Experimentos.

Específicos:

- Determinar las variables significativas en la línea de producción de sábanas, mediante el diseño de experimentos.
- Influencias de las variables en los costos de producción.
- Propuestas de mejoras para el control de las variables.

2.2. Alcance y Limitaciones.

La metodología elaborada para el control de la calidad de una línea de sábanas, sólo comprende la Planta de Acabados, por tanto no fueron consideradas las Plantas de Hilandería, Tejeduría ni Confección.

La metodología se limitará a determinar las variables significativas del proceso y a realizar propuestas de mejoras para el control de las mismas, sin embargo no comprende el estudio detallado de sus niveles estándares.

La empresa se reservará el derecho de implantación de la metodología.

Capítulo III

C.A. Telares de Palo Grande Actualmente

3.1. Descripción del Proceso Industrial Textil de la Elaboración de Sábanas.

El proceso textil de la C.A. Telares de Palo Grande, se inicia con la selección, apertura y limpieza, de las fibras de algodón y poliéster. Posteriormente se elabora el hilo en la Planta de Hilandería, en la cual se le otorgan propiedades adecuadas, para realizar el tejido en la Planta de Tejeduría, donde se obtiene los diferentes tipos de tela cruda.

La Planta de Acabados recibe la tela de la Planta de Tejeduría, luego la inspecciona en el Departamento de Crudo, para así clasificarla para Estampación o Teñido. La función de la Planta de Acabados es la de proporcionarle a la tela de sábanas, las características imprescindibles para su comercialización a través de diversos procesos, tales como:

- DESENGOMADO: El proceso consiste en eliminar por hidrólisis, los encolantes contenidos en la fibra. Puede combinarse este proceso con el gaseado.
- GASEADO: Es el proceso en el cual se elimina las pelusillas o fibras sueltas en la superficie de la tela, mediante una llama que actúa por un corto tiempo.
- DESCRUDE-LAVADO: El descrude es una operación que consiste en la eliminación de grasas naturales que contiene la fibra, mediante un proceso químico. En este proceso la tela es tratada con álcalis (soda cáustica) en solución caliente, polimerizando la celulosa y transformándola, lo que confiere a la fibra brillo y mejora la afinidad de estas por los colorantes.
- BLANQUEO: Consiste en una oxidación de la celulosa (algodón), mediante un proceso químico para obtener una fibra blanca. El proceso se realiza impregnando la tela con detergentes, soda cáustica, silicatos de sodio y agua oxigenada en caliente.
- LAVADO: Una vez blanqueado se procede al lavado con agua y detergentes a temperatura ambiente. Para así eliminar los pequeños residuos que puedan quedar de los procesos anteriores.

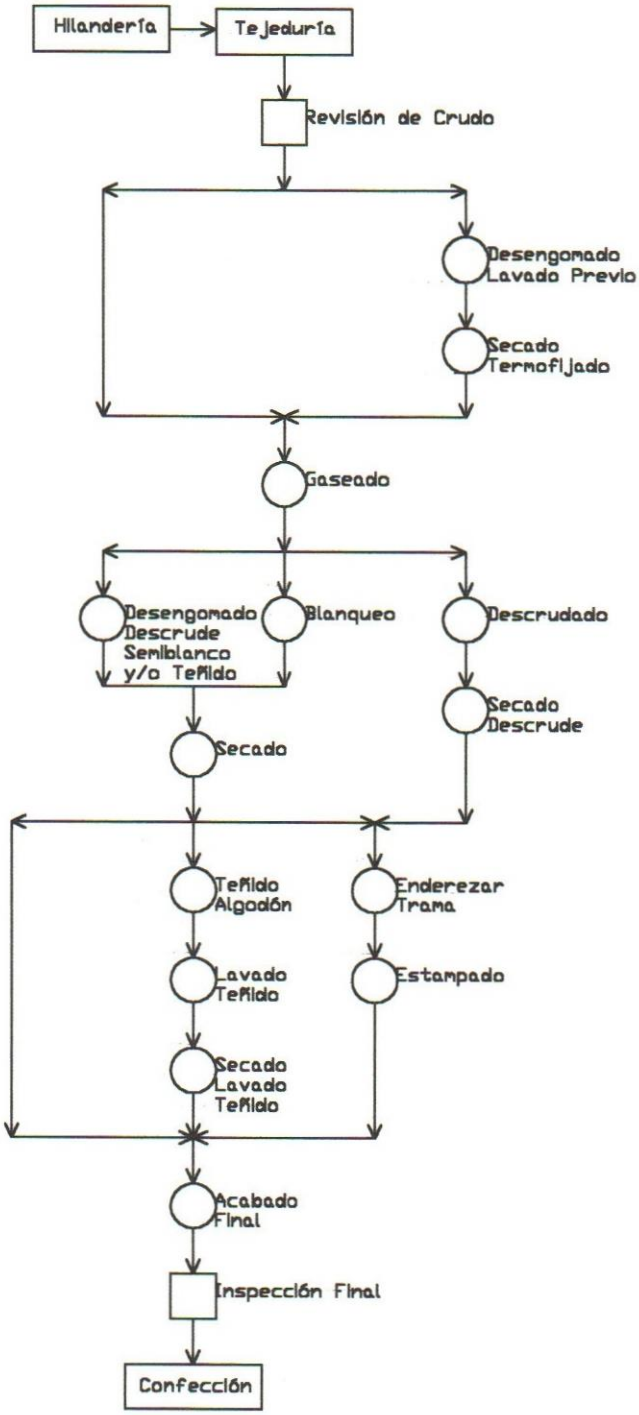
- TEÑIDO: Consiste en la aplicación del colorante a las telas, por inmersión en una solución con productos químicos auxiliares, en donde el colorante se difunde en la fibra y luego es fijado de acuerdo a la característica del mismo.
- ENDEREZADO DE TRAMA: Es un proceso físico que consiste en corregir las posibles desviaciones en la trama, debido a la tensión que se le aplicó a la tela en procesos anteriores al estampado o teñido.
- ESTAMPADO: El estampado consiste en fijar sobre el tejido una impresión, utilizando pigmentos. Se realiza mediante la aplicación de dichos pigmentos en cilindros impresores de 2.80 metros de largo, con posteriores tratamientos de fijación térmica.
- APRESTO O ACABADOS: Consiste en una serie de procesos físicos y químicos (impregnando la tela con suavizantes), para lograr el tacto y la suavidad deseada.
- INSPECCIÓN: es realizada por el laboratorio, en el cual se somete a la tela a diferentes pruebas textiles y así determinar su calidad de mercadeo.

Las telas para sábanas en la Planta de Acabados se clasifica de manera general según la composición de la fibra, en las siguientes líneas:

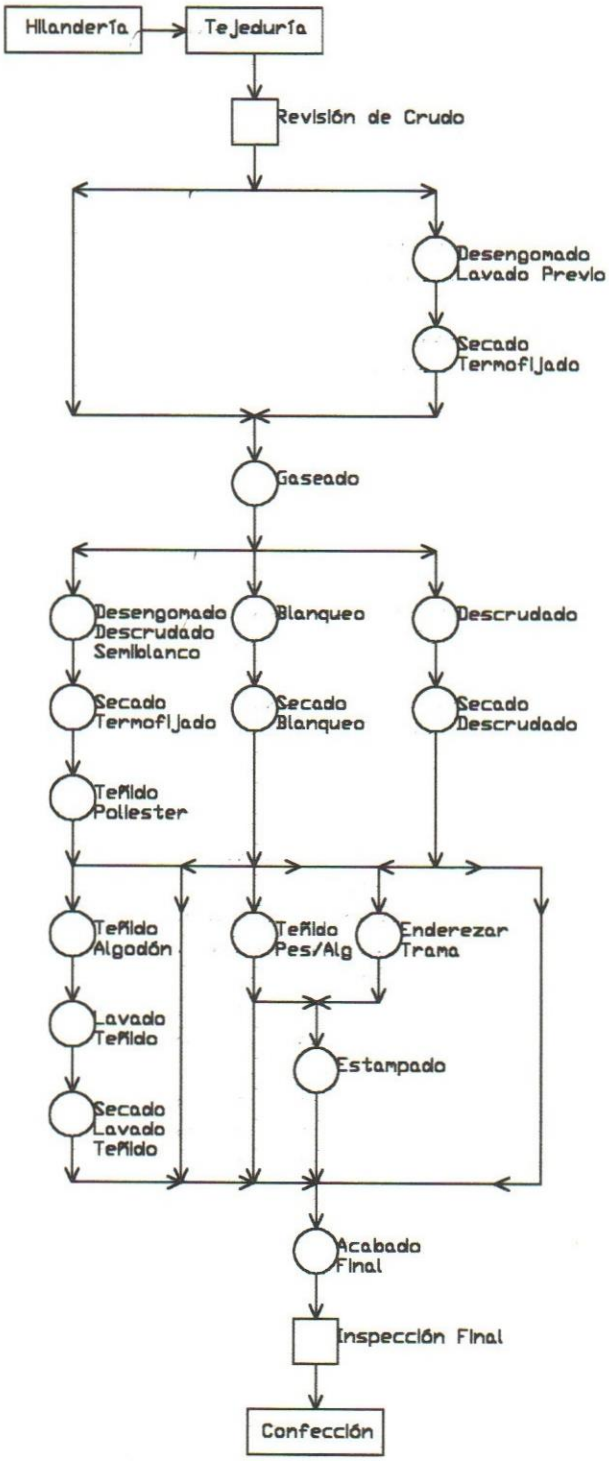
1. Tela de Sábana 100 % algodón.
2. Tela de Sábana 50 % algodón y 50 % poliéster.

A continuación se presentan los diagramas de flujo del proceso para cada una de estas líneas.

Sábanas 100% Algodón



Sábanas 50% Algodón 50% Poliéster



3.2. Situación Actual de la Empresa.

C.A. Telares de Palo Grande, tiene actualmente como misión: fabricar, importar y comercializar, textiles del hogar, drilles y entretelas, satisfaciendo las necesidades y deseos de los clientes con calidad, innovando en productos y servicios, mejorando continuamente los procesos y manteniendo un personal preparado, productivo y motivado, propiciando relaciones estrechas con los proveedores. Todo bajo un esquema de gerencia participativa y con impacto positivo en la comunidad. Como visión se persigue ser la empresa líder de textiles del hogar en Venezuela con presencia internacional a través de su marca *"Ama de Casa"*, buscando la satisfacción plena de sus clientes y operando con alta rentabilidad.

Para el cumplimiento de su misión y visión, Telares de Palo Grande, debe situarse en los estándares textiles internacionales de calidad (más del 96% de tela producida debe ser de primera calidad).

En la actualidad C.A. Telares de Palo Grande, presenta la siguiente situación en cuanto a las Toneladas de tela por línea de producción y su respectiva contribución de tela de segunda.

Tabla # 1.1: Producción Mensual de C.A. Telares de Palo Grande

	Toallas	***Sábanas***	***Drilles***	***Entretelas***
Toneladas de Producción	**100**	**40**	**36**	**6**
Toneladas de Tela de Segunda	5	6,4	3,6	0,3
% de Tela de Segunda	5	16	10	5

La empresa, con el fin de mejorar continuamente y proporcionar al cliente un producto de excelente calidad, requiere la disminución de la tela de segunda calidad para el caso de la línea de Sábana, la cual es la que presenta los niveles más altos de segunda.[2]

[2] Información suministrada por C.A. Telares de Palo Grande.

Capítulo IV

Marco Teórico

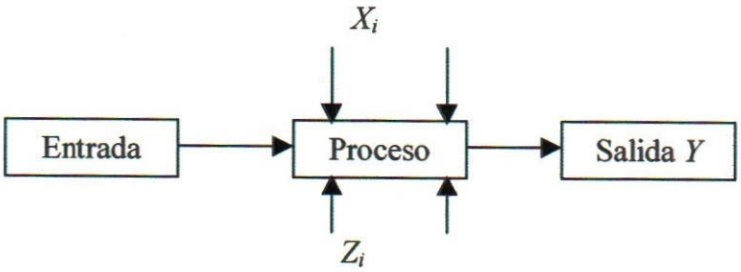
4.1. Diseño de Experimentos.

4.1.1 Concepto.

Un Diseño Experimental "es una prueba o serie de pruebas en las cuales se inducen cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso o sistema, de manera que sea posible observar e identificar las causas de los cambios en la respuesta de *Salida*."

El proceso a estudiar puede representarse según la Figura 4.1, donde se observa al proceso como una combinación de máquinas, métodos, personas y otros recursos que transforman a la *Entrada* (materia prima) en una *Salida* (producto), el cual tiene una o más respuestas observables Y. Algunas de las variables del proceso X_i, son controlables, mientras otras Z_i, son incontrolables.

Figura 4.1



Entre los objetivos de un experimento pueden incluirse:

- Determinar las variables significativas del proceso.
- Determinar el mejor valor de las variables controlables de modo de obtener un valor cercano al nominal deseado.
- Determinar el mejor valor de las variables controlables, de modo que se minimicen los efectos de las variables incontrolables.

4.1.2 Aplicaciones del Diseño Experimental.

Los métodos del Diseño Experimental tienen aplicaciones en diversas disciplinas, inclusive pueden ser considerados como parte del proceso científico, permitiendo al experimentador, generar datos acerca del proceso y establecer conclusiones acera del mismo, persiguiendo mejorar continuamente sus características.

El Diseño Experimental es una herramienta de gran importancia para la ingeniería en el mejoramiento del rendimiento de un proceso de manufactura. También puede ser empleado con gran éxito en el desarrollo de nuevos procesos, cuya aplicación en una fase temprana del mismo puede dar como resultado:

- Mejorar el rendimiento del proceso.
- Obtener un Proceso Robusto.
- Menor tiempo de desarrollo.
- Menores costos globales.

Las técnicas del Diseño Experimental también son muy útiles para las actividades de la ingeniería de proceso, en las cuales se busca crear nuevos productos y mejorar los ya existentes. Algunas de las aplicaciones en la ingeniería de proceso son:

- Evaluación y comparación de configuraciones de diseño básicas.
- Evaluaciones de materiales alternativos.
- Selección de los parámetros de diseño.(4)

4.1.3 Método de Yates.

El Método de Yates de manera automática calcula todos los totales de efectos factoriales, sin escribir las expresiones algebraicas que a ellos corresponden. Los efectos totales se obtienen en la última columna de las k que se generan según el número de factores del experimento. El procedimiento para la resolución Yates es:

1. Escribir los factores principales por turno, la introducción de cualquiera de los factores es seguida por sus combinaciones con todos los anteriores tratamientos.
2. La parte superior de la primera columna, es generada por la suma de pares de las *respuestas* totales, la parte inferior, se genera por la resta del primer miembro de cada par del segundo.
3. Para obtener los efectos totales (k-ésima columna) se generan k columnas con el procedimiento anterior. (5)

4.1.4 Diseño de Experimentos Factoriales 2^k.

Por Diseño de Experimentos Factorial se entiende aquel en el cual se investigan todas las posibles combinaciones de los niveles de los factores, en cada ensayo completo o réplica del experimento.

Existen casos especiales en el Diseño Factorial General. El más importante de estos, ocurre cuando se tienen K factores, cada uno con dos niveles, bien sea cuantitativos, o cualitativos. Dicha técnica es particularmente útil en las primeras fases del trabajo experimental, cuando es probable que haya muchos factores por investigar, La respuesta es aproximadamente lineal en el intervalo de los niveles elegidos de los factores, ya que solo existen dos niveles para cada uno de ellos.

En el Diseño de Experimentos 2^k, se tienen las siguientes premisas:

- Los factores son fijos.
- Los diseños son completamente aleatorios.(4)

Por convención en la jerga del Diseño de Experimentos, el nivel superior de cualquier factor de una combinación de tratamientos está representado por la presencia de la letra minúscula correspondiente, mientras que la ausencia de esta última representa el nivel inferior de este factor, por ejemplo *a* significa que el factor A se encuentra en su nivel alto y todos los demás factores en su nivel bajo y (1) representa todos los factores en el nivel bajo.(5) Para la elaboración del Diseño de Experimentos Factoriales 2^k se siguen los siguientes pasos:

1. Representar las respuestas de los tratamientos y las réplicas según la siguiente tabla:

Tabla 4-1: Combinación de Tratamientos para un Diseño 2^k.

Tratamiento	*I*	*II*	*III*	*Total*
(1)	$R_{(1)I}$	$R_{(1)II}$	$R_{(1)III}$	$R_{(1)I} + R_{(1)II} + R_{(1)III}$
a	R_{aI}	R_{aII}	R_{aIII}	$R_{aI} + R_{aII} + R_{aIII}$
b	R_{bI}	R_{bII}	R_{bIII}	$R_{bI} + R_{bII} + R_{bIII}$
...				
k	R_{kI}	R_{kII}	R_{kIII}	$R_{kI} + R_{kII} + R_{kIII}$
De 2 factores				
ab	R_{abI}	R_{abII}	R_{abIII}	$R_{abI} + R_{abII} + R_{abIII}$
ac	R_{acI}	R_{acII}	R_{acIII}	$R_{acI} + R_{acII} + R_{acIII}$
...				
jk	R_{jkI}	R_{jkII}	R_{jkIII}	$R_{jkI} + R_{jkII} + R_{jkIII}$
De 3 factores				
abc	R_{abcI}	R_{abcII}	R_{abcIII}	$R_{abcI} + R_{abcII} + R_{abcIII}$
...				
ijk	R_{ijkI}	R_{ijkII}	R_{ijkIII}	$R_{ijkI} + R_{ijkII} + R_{ijkIII}$
...				
k factores				
abc...k	$R_{abc..kI}$	$R_{abc...kII}$	$R_{abc...kIII}$	$R_{abc...kI} + R_{abc...kII} + R_{abc...kIII}$

2. A la columna del Total de la Tabla 5-1 se le aplica el Método de Yates[3], luego se construye la Tabla de Análisis de Varianza (ANOVA) mostrada a continuación:

Tabla 4-2: Análisis de Varianza (ANOVA) para un Diseño 2^k.

Fuente de Variación	*Suma de Cuadrados*	*Grados de Libertad*	*Media de Cuadrados*	F_0
A	SS_A	1	MC_A	MC_A / MC_E
B	SS_B	1	MC_B	MC_B / MC_E
...				
K	SS_K	1	MC_K	MC_K / MC_E
De 2 factores				
AB	SS_{AB}	1	MC_{AB}	MC_{AB} / MC_E
AC	SS_{AC}	1	MC_{AC}	MC_{AC} / MC_E
...				
JK	SS_{JK}	1	MC_{JK}	MC_{JK} / MC_E
De 3 factores				
ABC	SS_{ABC}	1	MC_{ABC}	MC_{ABC} / MC_E
...				
IJK	SS_{IJK}	1	MC_{IJK}	MC_{IJK} / MC_E
...				
k factores				
ABC...K	$SS_{ABC...K}$	1	$MC_{ABC...K}$	$MC_{ABC...K} / MC_E$
Error	SS_E	$2^k(n-1)$	MC_E	
Total	SS_T	$N2^k-1$		

[3] Explicado en el punto 4.1.3

Donde:

n: Número de réplicas.

k: Número de factores.

SS_k: Suma de Cuadrados del factor k.

SS_{jk}: Suma de Cuadrados de la interacción bifactorial jk.

SS_{ijk}: Suma de Cuadrados de la interacción trifactorial ijk.

$SS_{ij....k}$: Suma de Cuadrados de la interacción k-factorial ij...k.

SS_E: Suma de Cuadrados del error.

SS_T: Suma de Cuadrados total.

La suma de los cuadrados de los factores, resultan de las siguientes fórmulas:

$$SS_i = \left(\frac{EfectoTotal_i}{n * 2^k} \right) \qquad Ec.1$$

La Ec.1 es válida también para calcular la suma de cuadrados de las interacciones de los diversos ordenes (bifactoriales, trifactoriales, polifactoriales).

$$SS_T = \sum_{i=1}^{2^k} \sum_{j=1}^{n} (\mathrm{Re}\,spuesta)^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^{2^k} \sum_{j=1}^{n} \mathrm{Re}\,spuesta \right)^2}{n * 2^k} \qquad Ec.2$$

La Ec.2 representa la suma de cuadrados totales, con la cual se puede calcular la suma de cuadrados del error de la siguiente forma:

$$SS_E = SS_T - \delta$$
$$\delta = SS_A + .. + SS_K + SS_{AB} + .. + SS_{JK} + SS_{ABC} + .. + SS_{ijk} + .. + SS_{ABC..k} \qquad Ec.3$$

3. Cuando se obtiene la columna F_0 en la Tabla 4-2: ANOVA para un Diseño 2^k, se logra una variable aleatoria la cual sigue una Distribución F de Fisher, con $(1, 2^k(n-1))$ grados de libertad y tomando el nivel de significación deseado, este puede ser 5% ó 1%, se procede a realizar la prueba de hipótesis siguiente:

   H_o = El factor o interacción no es influyente.

   H_1 = El factor o interacción es influyente.

4.1.5 Diseños de Experimentos Factoriales Fraccionados de Dos Niveles.

Con el incremento del número de factores en un Diseño de Experimentos Factorial 2^k, ocurre un aumento en el número de ensayos para obtener una réplica completa, lo cual puede resultar antieconómico para los experimentadores, para evitar esto se recurre a los Diseños de Experimentos Factoriales Fraccionados de Dos Niveles, donde se debe tener en cuenta los siguientes puntos para lograr con éxito la experimentación:

- *El principio de dispersidad de efectos.* Cuando existen varias variables, es probable que el proceso sea influido principalmente por algunos de los efectos principales e interacciones de orden inferior.
- *La propiedad de proyección.* Los Diseños Factoriales Fraccionados pueden proyectarse en diseños más poderosos (más grandes) en el subconjunto de factores significativos.
- *Experimentación secuencial.* Es factible combinar dos o más factoriales fraccionados para conformar de manera secuencial un diseño más grande y estimar los efectos de los factores y las interacciones de interés.(4)

Para la elaboración de los Diseños de Experimentos Fraccionados de dos niveles se pueden emplear dos tipos de fracciones:

1. *Fracción ½ :* Permite reducir los experimentos a la mitad.
2. *Fracción ¼ :* Permite reducir los experimentos a la cuarta parte.

En la experimentación fraccionada aparecen "los *Alias* que son dos efectos factoriales representados por la misma comparación", por lo cual al analizar los resultados del experimento se debe cuidar a quien se debe la significación, osea al factor o a su *Alias*, en general cuando la interacción es de orden superior y la misma aparece como significativa, se le atribuye el efecto a su *Alias*, el cual es de orden inferior, y por ende tiene una mayor probabilidad de ser influyente en el proceso. Para la elaboración de un Experimento Fraccionado de Dos Niveles 2^{k-1} se realizan los siguientes pasos:

1. Se escribe la Tabla de Combinación de Tratamientos del diseño 2^{k-1} completo.
2. Luego se genera el k-ésimo factor identificando sus niveles a través de la multiplicación de signos del resto de los factores, donde se le asigna el valor positivo cuando la variable se encuentra en su nivel alto y el signo negativo cuando la variable se encuentra en su nivel bajo. Si el k-ésimo término resulta en su nivel alto, escribirlo entre paréntesis en el tratamiento correspondiente de lo contrario la notación del tratamiento no varia.[4]
3. A las respuestas de las Combinaciones de Tratamientos se le aplica el Método de Yates.
4. Se construye la Tabla de Análisis de Varianza (ANOVA), con las siguientes variantes:
    - El experimentador debe decidir que interacciones de orden superior va a utilizar para la estimación del Error, esto se debe al hecho de que sólo se realiza una réplica en este tipo de experimentos, y por ende no hay grados de libertad para el Error.
    - Para el cálculo de la Media de Cuadrados del Error, se realiza la división entre la sumatoria de los cuadrados de cada uno de los efectos seleccionados y el producto entre el número de experimentos y el número de factores escogidos para el cálculo del error.(5)
5. Para realizar las Pruebas de Hipótesis se procede de igual manera que en el Diseño de Experimentos Factoriales 2^k.

4.2 Diagramas de Control.

4.2.1 Concepto.

Los Diagramas de Control son una representación gráfico-cronológica de una característica de calidad, medida o calculada a partir de una muestra, en función del número de la muestra o el tiempo. La gráfica tiene una línea central que representa el valor medio de la característica de calidad, correspondiente al estado bajo control

[4] Ejemplos de Tablas de Signos incluidas en los anexos.

(sólo producido por causas fortuitas), en ella existe dos líneas horizontales, llamadas límite superior de control LSC y límite inferior de control LIS.

4.2.2 Aplicación de los Diagramas de Control.

Los Diagramas de Control tienen como finalidad, determinar si un proceso se encuentra bajo control, para ello los puntos muestrales deben encontrase entre los límites de control, distribuidos de manera aleatoria, en este caso no es necesario tomar ninguna acción.

En el caso de que alguno de los puntos muestrales se encuentre fuera de los límites de control o los mismos muestren una tendencia sistemática, el proceso esta fuera de control y se presenta la necesidad de tomar medidas de corrección e investigación.

Las razones por las cuales se deben utilizar los Diagramas de Control en un proceso industrial son las siguientes:

- *Son una técnica probada para mejorar la productividad.* Un correcto funcionamiento del uso de los Diagramas de Control reducirá el rechazo y la reelaboración de los productos, al reducirlos, aumenta la productividad y los costos disminuyen mejorando así la calidad del proceso.
- *Son eficaces para evitar defectos.* Los diagramas ayudan a mantener el proceso bajo control, siguiendo la filosofía de "hacerlo bien desde el principio".
- *Evitan ajustes innecesarios al proceso.* Por ser objetivos, pueden diferenciar ruidos de fondo de variaciones anormales, superando así el factor humano.
- *Son fuente de información para el análisis.* Suministran información relevante del proceso que mediante el análisis de un experto, permite implementar cambios que mejoren su rendimiento.
- *Son fuente de información para determinar la capacidad del proceso.* Proporcionan información sobre los valores de parámetros del proceso y su estabilidad en el tiempo, permitiendo estimar la capacidad del proceso, siendo esta información de gran utilidad para los diseñadores de productos y procesos.

4.2.3 Selección de los Límites de Control.

Las especificaciones de los límites de control es una de las decisiones críticas que hay que tomar al diseñar una diagrama de control. Alejando dichos límites de la línea central se reduce el riesgo de que un error Tipo I, es decir que un punto se encuentre fuera de los límites de control, lo que indica una condición fuera de control, cuando no existe una causa atribuible. Sin embargo, separando los límites de control se eleva también el riesgo de cometer un error Tipo II, osea que un punto este entre dichos límites cuando el proceso está en realidad fuera de control. Si se acerca más los límites a línea central se produce el efecto opuesto, el riesgo de cometer un error Tipo I aumenta, mientras el riesgo de cometer error Tipo II disminuye.

4.2.4 Tamaño Muestral y Frecuencia del Muestreo.

Al realizar el diseño de un Diagrama de Control es necesario definir el tamaño de la muestra y la frecuencia de muestreo. El tamaño muestral depende del cambio que se trata de detectar, si el cambio del proceso es relativamente grande, se usan tamaños muestrales menores que los utilizados para cambios pequeños. En cuanto a la frecuencia de muestreo deben tomarse en cuenta los siguientes factores: costo de muestreo, tasa de producción, tiempo del muestreo, probabilidad de ocurrencia de diversos tipos de cambios.

La situación ideal sería tomar muestras grandes con gran frecuencia, sin embargo, esto no es económicamente factible, para resolver este problema se tienen dos opciones, las cuales son: muestras pequeñas a intervalos cortos o muestras grandes a intervalos grandes. En general, la industria toma la primera opción.

4.2.5 Diagrama de Control por Atributo.

Estos diagramas son empleados cuando la característica de calidad a medir no puede ser expresada en función de números, por tanto el artículo es clasificado como conforme o disconforme según las especificaciones para tal característica de calidad, existen tres Diagramas de Control por Atributo, el primero cuando se estudia la fracción de productos defectuosos o disconformes de un proceso de manufactura,

llamado Diagrama de Control de Fracción Disconforme o Diagrama *p*, el segundo plantea el estudio del proceso por el número de defectos en vez de la fracción de los mismos, el cual se denomina Diagrama de Control de Disconformidades o Diagrama *c*, por último existe un Diagrama de Control de Disconformidades por unidad o Diagrama *u*.(6)

Si se conoce la fracción disconforme *p* como línea central del proceso entonces puede expresarse los límites de control según las siguientes expresiones:

$$LSC = p + 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \qquad Ec.4 \qquad\qquad LIC = p - 3\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \qquad Ec.5$$

Cuando se desconoce la fracción no conforme *p* del proceso, puede ser estimada según la siguiente ecuación:

$$\hat{p}_i = \frac{D_i}{n};$$
$$Donde, i = 1,2..,m \qquad Ec.6$$

La media de estas fracciones disconformes muestrales individuales es:

$$\overline{p} = \frac{\sum_{i=1}^{m} D_i}{mn} = \frac{\sum_{i=1}^{m} \hat{p}_i}{m} \qquad Ec.7$$

Quedando las expresiones de los límites de control de la siguiente manera:

$$LSC = \overline{p} + 3\sqrt{\frac{\overline{p}(1-\overline{p})}{n}} \qquad Ec.8 \qquad\qquad LIC = \overline{p} - 3\sqrt{\frac{\overline{p}(1-\overline{p})}{n}} \qquad Ec.9$$

Para la elaboración del Diagrama de Control por Atributo se siguen los siguientes pasos:

1. Seleccionar la característica de calidad que se deba controlar.
2. Tomar un número mayor o igual a 25 muestras.
3. Seleccionar el tipo de la muestra (constante o variable).
4. Calcular los límites de control.

5. Para determinar si el proceso se encuentra bajo Control Estadístico observar y analizar que la totalidad de las muestras se encuentren entre los límites de control y que las mismas presenten un comportamiento aleatorio.
6. Si el proceso, no está bajo Control Estadístico, se deben identificar las causas por medio de los patrones, y si es necesario, se debe recurrir al Diseño de Experimentos.
7. Determinar si los límites de Control resultan económicamente satisfactorios para el proceso.
8. Emplear el Diagrama de Control en paralelo con la producción, como base para controlar la característica de calidad y observar que sobre la media y la amplitud del proceso no ocurran cambios significativos.(7)

4.2.6 Diagrama de Control por Variable.

Dichos diagramas se utilizan cuando la característica de calidad a medir puede ser expresada en términos numéricos, tales como peso, dimensión o volumen. Los Diagramas de Control de Variables son más eficientes y proporcionan más información respecto al rendimiento del proceso que el Diagrama de Control por Atributos. Cuando la característica de calidad es una variable, conviene controlar el valor medio de la misma, mediante el Diagrama de Control de Medias o Diagrama x y para controlar la variabilidad del proceso se emplea un Diagrama de Control de la Desviación Estándar, llamado diagrama S o con un Diagrama de Control de Amplitud llamado Diagrama R.

Si se tiene que una característica de calidad está distribuida normalmente, con media y desviación estándar conocida, su media muestral es:

$$\bar{x} = \left(\frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} \right) \qquad Ec.10$$

Sin embargo, en la práctica se desconocen tanto la media como la desviación estándar, por tanto hay que estimarlas, entonces:

Sean

$\bar{x}_1, \bar{x}_2, .., \bar{x}_m$

Las medias de las muestras, se tiene que el mejor estimador de la media es la "Gran Media", la cual es expresada por la siguiente fórmula:

$$\bar{\bar{x}} = \left(\frac{\sum_{i=1}^{m} \bar{x}_i}{m} \right) \qquad Ec.11$$

Para estimar la desviación estándar se utiliza las amplitudes de las m muestras, por tanto la amplitud R de una muestra viene dada por la expresión:

$R = R_{max} - R_{min}$ *Ec.12*

Ahora sea $R_1, R_2, .., R_m$ las amplitudes de las m muestras, la amplitud media es:

$$\bar{R} = \left(\frac{\sum_{i=1}^{m} R_i}{m} \right) \qquad Ec.13$$

Por tanto un buen estimador de la desviación estándar es:

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} \qquad Ec.14$$

Donde d_2 es la media de la variable aleatoria W llamada amplitud relativa, cuyos parámetros de la distribución de W son funciones del tamaño muestral n.(6)

Si el tamaño muestral es relativamente pequeño, el método de la amplitud produce un estimador de la varianza casi tan bueno como el estimador cuadrático usual S^2, la eficiencia relativa del procedimiento de la amplitud, con respecto a S^2, se expone a continuación para varios tamaños muestrales:

Tabla 4.3: Eficiencia Relativa

n	2	3	4	5	6	10
Eficiencia Relativa	1.000	0.992	0.975	0.955	0.930	0.850

Para n mayores a 10 el método de la amplitud pierde rápidamente su validez, sin embargo resulta muy satisfactorio para tamaños muestrales inferiores a 6, quedando las expresiones de los límites de control de la siguiente manera:

$$LSC = \bar{\bar{x}} + \left(\frac{3}{d_2\sqrt{n}}\right)\bar{R} \quad Ec.15 \qquad LIC = \bar{\bar{x}} - \left(\frac{3}{d_2\sqrt{n}}\right)\bar{R} \quad Ec.16$$

Se observa que la cantidad

$$A_2 = \left(\frac{3}{d_2\sqrt{n}}\right) \quad Ec.17$$

Es una constante que depende únicamente del tamaño muestral, la cual se encuentra tabulada, quedando los límites de control de la siguiente forma:

$$LSC = \bar{\bar{x}} + A_2\bar{R} \quad Ec.18 \qquad LIC = \bar{\bar{x}} - A_2\bar{R} \quad Ec.19$$

Para la elaboración del Diagrama por Variable (característica cuantitativa) se siguen los siguientes pasos:

1. Seleccionar la característica cuantitativa que se deba controlar.
2. Tomar un número de muestras mayor o igual a 25, cada una con un tamaño muestral constante y comprendido en el rango de 3 a 5 observaciones.
3. Calcular el valor de las medias y las amplitudes de cada una de las muestras.
4. Calcular la Gran Media y la Amplitud Media de las muestras.
5. Calcular los Límites de Control.
6. Para determinar si el proceso se encuentra bajo Control Estadístico observar y analizar que la totalidad de las muestras se encuentren entre los límites de control y que las mismas presenten un comportamiento aleatorio.

7. Si el proceso, no está bajo Control Estadístico, se deben identificar las causas por medio de los patrones, además se pueden realizar Diseño de Experimentos.
8. Determinar si los límites de Control resultan económicamente satisfactorios para el proceso.
9. Emplear el Diagrama de Control en paralelo con la producción, como base para controlar la característica de calidad y observar que sobre la media y la amplitud del proceso no ocurran cambios significativos.(7)

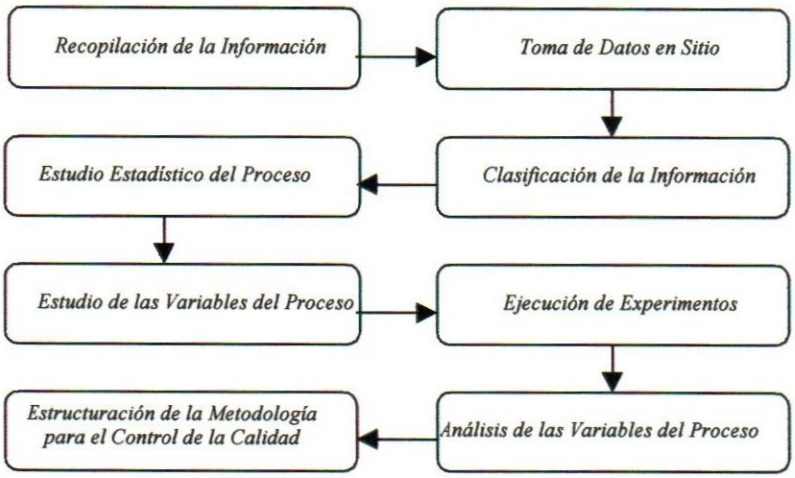
Capítulo V
Metodología

5.1 Metodología del Trabajo Especial de Grado.

Para el desarrollo del trabajo especial de grado se establecieron los siguientes pasos:

1. *Recopilación de la Información:* Búsqueda de todos los datos históricos referentes a las telas de sábanas, en cuanto a: Cantidad de tela de segunda calidad, Tipo de defectos generados, Normativa, Pruebas textiles, Descripción de los procesos de acabados y Costos de los procesos.
2. *Toma de Datos en Sitio:* Se refiere al seguimiento de los procesos de las telas de sábanas, las actividades del laboratorio, el nivel de los operarios y los eventos imprevistos de las líneas.
3. *Clasificación de la Información:* Por medio del Diagrama de Pareto se determinan los defectos de las telas de sábanas a estudiar.
4. *Estudio Estadístico del Proceso:* Se realiza un análisis del proceso de acabados de las telas de sábanas por medio de los Diagramas de Control.
5. *Estudio de las Variables del Proceso:* A través de la observación directa, entrevistas con operarios, supervisores y expertos, Diagramas Causa Efecto y discusiones, se analizan las variables del proceso.
6. *Ejecución de Experimentos:* Desarrollo del Diseño de Experimentos con las variables estudiadas.
7. *Análisis de Variables del Proceso:* Con los resultados de los experimentos, se procede a realizar estudios sobre la influencia económica de las variables sobre el proceso productivo y proponer mejoras para el control de las mismas.
8. *Estructuración de la Metodología para el Control de Calidad:* Con los fundamentos teóricos y el estudio realizado se procede a elaborar dicha metodología.

5.2 Resumen Esquemático de la Metodología del Trabajo Especial de Grado.



Capítulo VI

Control de Calidad Basado en el Diseño de Experimentos

Para lograr el Control de la Calidad en una planta de Acabados textiles, es necesario crear un grupo heterogéneo el cual debe contar con las normas COVENIN(14) y AATTC(15), y estará conformado por: Gerente de planta, personal del Laboratorio y supervisores de planta. Integrado de esta manera, se garantiza un equipo capaz de identificar cualquier problema de calidad referente a la tela, por su diversidad de conocimientos.

6.1 Identificación de los Principales Problemas en la Línea de Sábanas.

Como primer paso, dicho grupo debe buscar la data histórica de la empresa y realizar una clasificación de los datos según la información respecto a calidad, si la empresa carece de esta, el proceso será más lento, debido al hecho que debe generar su propia data.

Al contar con la data histórica o la generada, se procede a analizarla, para ello se utiliza El Diagrama de Pareto, en el cual se plantea que el 20 % de los defectos de la planta de acabados, generan el 80 % de la cantidad de tela de segunda calidad, por tanto resulta muy útil para ahorrar tiempo y esfuerzo descartar los defectos menos recurrentes en la tela de sábanas.

El siguiente paso es determinar si el proceso esta bajo control estadístico, por medio de los Diagramas de Control, en primer lugar estudiando las características cuantitativas y en segundo lugar las características cualitativas de la tela.

Entre las características cuantitativas en las telas, se tienen: Resistencia a la tensión y al rasgado tanto en trama como en urdimbre, Solidez al frote y al lavado, Densidad de hilos y pasadas, peso y estabilidad dimensional de urdimbre y trama. En la tela para sábanas se elige la estabilidad dimensional, tanto de urdimbre como la de trama, por ser crítica para la calidad de la tela. En las sábanas la estabilidad dimensional máxima permisible según la Norma COVENIN 2347-86 es de 7 % de encogimiento, al sobrepasar este límite de especificación la pérdida de dimensiones es notable y el estampado puede llegar a deformarse, lo cual es fácilmente observable por el cliente.

Por la diversidad de defectos que existen en el acabado de la tela de sábana, no es conveniente estudiarlos cada uno por separado, por tanto, es necesario considerarlos

como una sola característica cualitativa, es decir, tela defectuosa o tela sin defecto, para así medir la conformidad del producto.

6.2 Análisis de las Variables del Proceso para el Diseño de Experimentos.

6.2.1 Selección de las Variables del Proceso.

El Diseño de Experimentos puede emplearse tanto para un proceso bajo control estadístico o fuera del mismo, en el primer caso el objetivo es mejorar el proceso y en el segundo disminuir la variabilidad del mismo.

Para la selección de las variables a utilizar en el Diseño de Experimentos, se construye un Diagrama Causa Efecto, el cual presenta mediante un esquema las posibles *causas* que generan el *efecto* estudiado. La ventaja del diagrama es que permite realizar discusiones y análisis cuyo fin es descartar aquellas *causas* que no ameriten ser consideradas en el Diseño de Experimentos, como por ejemplo: materia prima de baja calidad, máquinas defectuosas, etc., por su evidente influencia sobre la calidad de la tela. Su elaboración es de la siguiente manera:

1. Seleccionar el *efecto* (el problema) a estudiar, el cual se coloca al final de la línea central del diagrama.
2. Seleccionar las posibles *causas* (defectos) que generan el *efecto* estudiado y colocarlas como ramas principales de la línea central del gráfico.
3. En las ramas secundarias del diagrama se colocarán las variables del proceso que pueden intervenir en la aparición del defecto.

Dichas variables se determinan de la siguiente manera:

1. *Observación Directa:* el grupo de Control de Calidad debe conocer el proceso a detalle, mediante la investigación teórica, la parte práctica del mismo se obtiene mediante la observación en forma directa.
2. *Entrevista con los Operarios y Supervisores:* Son las personas que se encuentran directamente relacionadas con el proceso, por tanto es muy útil aprovechar su conocimiento práctico, para la detección de las variables a estudiar.

3. *Entrevista con los Expertos:* La información obtenida con la entrevistas a operarios y supervisores es expuesta ante los expertos, para comprobar la veracidad de las mismas y complementar si es necesario.

6.2.2 Determinación de las Variables Significativas del Proceso.

Para la elaboración de los Diseños de Experimentos es recomendable realizar un *Experimento Inicial,* el cual consume sólo el 25 % de los recursos disponibles (materia prima, presupuesto, tiempo y personal), ya que el mismo constituye un experimento de aprendizaje y permite descartar algunas de las variables consideradas. Las técnicas de experimentación son iterativas, por tanto a medida que se agudiza el estudio se necesitará un *Experimento de Gran Extensión* para así finalmente cumplir con el objetivo de determinar las variables significativas del proceso.

Experimento Inicial.

- *Respuesta:* Es la cantidad de metros de tela de segunda calidad.
- *Número de Variables*: Dos o tres de la misma máquina, porque de esta forma se facilita la logística del experimento. Preferiblemente deben usarse tres variables para agilizar el proceso de investigación.
- *Nivel de las Variables:* Cada una de las variables tendrá dos niveles, el nivel alto y el nivel bajo. Se presentan dos casos, el primero en el cual la variable es cualitativa, por ejemplo operario entrenado y operario no entrado, el segundo cuando la variable es cuantitativa, por ejemplo presión 5 Psi y presión 3 Psi. La determinación de los valores de los niveles dependerá de muchos factores, entre los cuales se tienen: capacidad de la máquina, habilidad del operador, restricciones de procesos, restricciones de materia prima e insumos. La decisión final sobre los mismos será la sinergia entre los investigadores, supervisores y operarios.
- *Tipo de Experimento:* Experimento Factorial 2^k, considerando que sólo se estudian tres o dos variables resulta conveniente realizar este tipo de experimento, porque en primera instancia se estudia cada uno de los factores y la totalidad de interacciones entre los mismos, logrando un análisis detallado de las *respuestas*,

además por ser pocos experimentos estos son económicamente factibles para la empresa.

- *Número de Réplicas:* Tres, existe una disyuntiva entre el número de las mismas, ya que al aumentar el número de réplicas, se incrementa la sensibilidad a pequeñas diferencias entre las medias de los tratamientos, sin embargo también aumentan los costos del experimento, por tanto es necesario buscar el equilibrio.
- *Aleatoriedad:* El Diseño del Experimento debe ser completamente aleatorio, esto es referido a la secuencia de los tratamientos durante las réplicas del mismo.

Luego se realiza la prueba de hipótesis para cada factor y sus interacciones con un nivel de significación de 1 %, si la F_0 es mayor o igual a 8,53 el factor o la interacción es significativo, por tanto deben ser incluidas en el posterior experimento.

Experimento de Gran Extensión

- *Respuesta:* Es la misma al *Experimento Inicial* (cantidad de metros de tela de segunda calidad).
- *Número de Variables*: Se toman las variables significativas del *Experimento Inicial* y el resto de las variables estudiadas.
- *Nivel de las Variables:* El modo de determinar los niveles de las variables es el mismo al *Experimento Inicial.*
- *Tipo de Experimento:* Experimento Factorial Fraccionado de Dos Niveles, de fracción ½, se emplea esta técnica porque reduce el número de experimentos a la mitad, permitiendo ahorrar costos y facilitar la experimentación.
- *Número de Réplicas:* Una, ya que el experimento a pesar de ser fraccionado, posee muchas combinaciones de tratamientos que hacen que no sea factible económicamente replicarlo.
- *Aleatoriedad:* El Diseño del Experimento debe ser completamente aleatorio, esto es referido a la secuencia de los tratamientos.

Luego se realiza la Prueba de Hipótesis con un nivel de significación del 1%, con lo cual se determinan las variables o/y las interacciones significativas del proceso.

6.3 Determinación de los Niveles de las Variables Significativas del Proceso.

Para obtener los niveles de las variables o/y las interacciones significativas del proceso es necesario continuar con las actividades de experimentación, sin variar la respuesta a medir que es cantidad de metros de segunda calidad, pero realizando diversos tipos de experimentos según sea los resultados del *Experimento de Gran Extensión*, del mismo se pueden obtener:

- *Solo Variables Significativas:* Se deben realizar Diseños de Experimentos Unifactoriales, y con las respuestas de estos, elaborar un ajuste polinómico del menor grado que se apegue adecuadamente a los datos.
- *Solo Interacciones Bifactoriales Significativas:* Se deben realizar Diseños de Experimentos Factoriales de Dos Factores, y con sus respuestas aplicar el Método de Superficie de Respuestas, para encontrar los niveles óptimos de las interacciones bifactoriales.
- *Cuando existen tanto Variables como Interacciones Bifactoriales Significativas:* Para este caso existen dos posibilidades:
  1. Que la variable no este presente en la interacción, se trabajan en forma independiente, como lo describen los dos primeros casos.
  2. Que la variable este incluida en la interacción, para este caso, se toma el valor óptimo que arroje la superficie de respuesta, que se genera al tratar las repuestas del Experimento Factorial de Dos Factores.

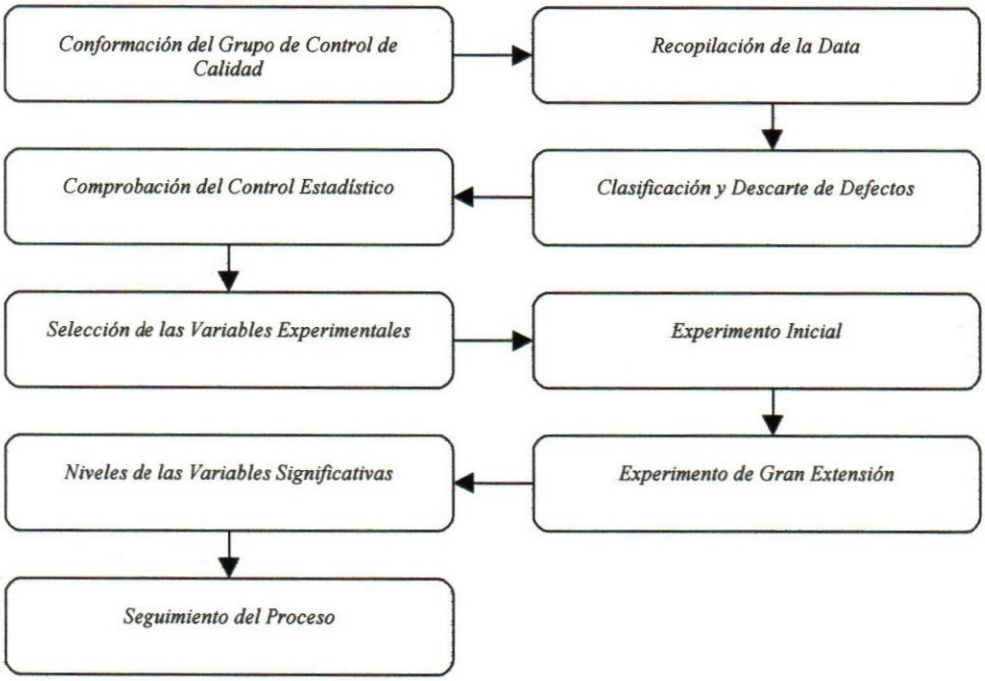
6.4 Seguimiento del Proceso.

Una vez encontrados los niveles de las variables o/y las interacciones bifactoriales significativas, el proceso se encuentra bajo control estadístico, por tanto el objetivo de la metodología debe ser mantener esta situación, parar ello se sigue los siguientes pasos:

- Reuniones semanales del Grupo de Control de Calidad, con el objetivo de buscar mejoras en el proceso.

- Elaboración de los Diagramas de Control simultáneamente con la producción para detectar posibles patrones o muestras fuera de control, con el fin de tomar medidas preventivas o correctivas según sea el caso.
- En caso de existir una situación fuera de control y no poder determinar sus causas, se debe recurrir al Diseño Experimental.

6.5 Resumen Esquemático de la Metodología de Control de Calidad



Capítulo VII

Complementando la Calidad

7.1 Desempeño del laboratorio en el Control de la Calidad.

El Laboratorio de una Planta de Acabados Textiles, debe estar estructurado para contribuir a la productividad de la misma, por tanto debe formar parte fundamental del Control de Calidad.

7.1.1 Objetivos.

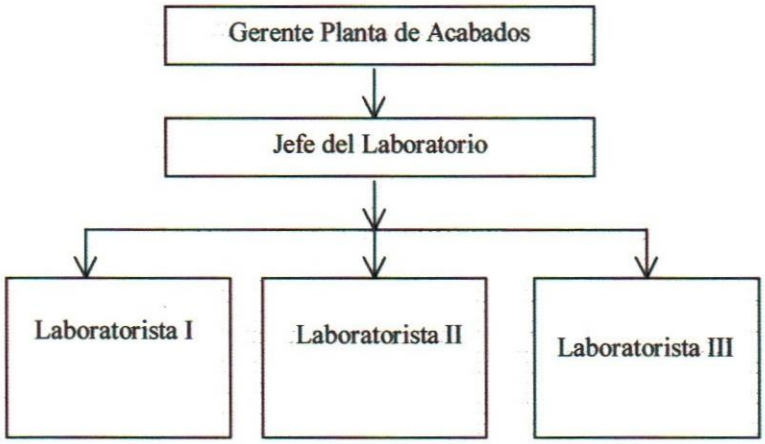
Los objetivos principales del laboratorio deben ser los siguientes:

- Asegurar que los productos que egresen de la planta cumplan con las especificaciones exigidas por el cliente y las normas nacionales e internacionales.
- Organizar y ejecutar, diferentes esquemas de control en los productos que se estén elaborando.
- Fiscalizar los productos y materiales que ingresen a la planta de acabados.

Entre los objetivos secundarios pueden nombrarse:

- Políticas de procedimientos generales sobre actualización de ensayos y análisis contemplados en sus servicios.
- Elaboración de formularios adecuados para informar y registrar los resultados de análisis y ensayos.
- Establecimiento de un sistema para el control de las muestras que recibe y su perfecta identificación, así como un almacenamiento adecuado de las mismas.
- Calibración periódica de los equipos del laboratorio

Propuesta de Organización para ejecutar las funciones del laboratorio:



Descripción de cargos:

Jefe del Laboratorio: Supervisado directamente por el Gerente de la Planta de Acabados, su responsabilidad es: supervisión, control de inventario de los productos y materiales del laboratorio, elaboración de controles y nuevas fórmulas para los procesos.

Laboratorista I: Persona encargada de realizar las pruebas correspondientes a las fórmulas preparadas en la *"Zona de Formulación"*, así como las pruebas de calidad a la materia prima e insumos que ingresan a la Planta de Acabados.

Laboratorista II: Encargado de hacer las pruebas a las telas al final de todo su proceso de acabado.

Laboratorista III: Su función es ejecutar las pruebas a las telas en procesos intermedios de la misma.

7.1.2 Coordinación de las Actividades del Laboratorio con la Línea de Producción de Sábanas.

- El encargado de las Pruebas de Fórmulas debe revisar todas las materias primas e insumos que ingresen a la Planta de Acabados, según los requerimientos de calidad preestablecidos con los proveedores. Dicha información debe ser llevada en la Hoja de Control de Materias Primas e Insumos, la cual deberá tener los siguientes datos: fecha de ingreso, nombre, país de procedencia, marca, distribuidor, lote, peso, densidad, fecha de vencimiento (solo sí existe), regímenes de almacenamiento, precio, nivel de peligrosidad, aprobación o rechazo de la mercancía según especificaciones.
- Una vez establecida la orden de preparación de fórmula en la *"Zona de Formulación"*, el encargado de las Pruebas de Fórmulas deberá tomar muestras de las mismas y analizarlas para confirmar que la fórmula se adapta a los estándares exigidos. No podrá iniciarse el proceso hasta culminada la Prueba de Fórmulas y esté debidamente aprobada por el laboratorio. El formato de la hoja de dicha prueba contiene: referencia de sábana, cantidad de metros de sábana, tipo de

proceso, fórmula, componentes de la fórmula, (cantidad, concentración y densidad) de los componentes, aprobación o rechazo.

- Algunos de los problemas que pueden presentarse en el acabado de las sábanas, se solucionan con un reproceso, que aumenta el costo, sin embargo otros no, por tanto surge la necesidad de realizar Pruebas Intermedias, las cuales tienen como objetivo alertar sobre cualquier variación indeseada en sus propiedades, con esto se evita el error de someter la tela a algún proceso para el cual no este apta, logrando disminuir la cantidad de metraje defectuoso. La aceptación o rechazo según las Pruebas Intermedias debe ser reflejado en las Hojas de Ruta, además de los siguientes datos: fecha, tipo de sábana, referencia de sábanas, número de metros de sábana, número de ruta, número de burro, lote genérico, lote específico, operador, Prueba Final, maquinaria y tipo de proceso.
- Al final de los procesos de acabado, es necesario realizar las Pruebas Finales, las cuales establecen la calidad de dicha tela para su posterior confección o algún reproceso, la aceptación o rechazo de la tela se denota igualmente en la Hoja de Ruta antes descrita. Las especificaciones de la tela deben cumplir con la Norma COVENIN 2347-86[5] acerca de la tela para sábanas y sus requerimientos.
- Para el control interno del laboratorio y la preservación de las estadísticas de la empresa, se debe contar con una serie de formatos de las pruebas realizadas y en un orden específico que se denota a continuación:

Sábanas	50% - 50% Algodón – Poliéster	Unicolores	→ Pruebas
		Teñidas	→ Pruebas
		Estampadas	→ Pruebas
	100 % Algodón	Unicolores	→ Pruebas
		Teñidas	→ Pruebas
		Estampadas	→ Pruebas

[5] Incluida en los anexos.

Si existen otros tipos de sábanas, se ordenan igualmente como las anteriores (100 % Algodón y 50-50 % Algodón - Poliéster). Las Pruebas son las establecidas por la Normas COVENIN[6], las mismas son las siguientes:

Tabla 7-1: Normas Requeridas en el Laboratorio.

PRUEBA	*NORMA*
Resistencia a la flexión y abrasión	**1164-85**
Resistencia a la rotura por tensión	517-84
Resistencia al desgarre mediante aparatos tipo Elmendorf	1034-76
Resistencia de los tejidos a la formación de pelotas (Pilling) y otros defectos de superficie	1640-80
Medida de la anchura de los tejidos y sus tolerancias.	60-77
Medida de la longitud de los tejidos y su tolerancia	189-78
Determinación de los cambios de dimensiones por efecto de mojado y lavado	516-78
Determinación de la solidez al frote	82-77
Determinación de la solidez al planchado	631-81
Determinación de la solidez al lavado doméstico y comercial	759-78
Determinación de la solidez a la limpieza en seco	760-83
Determinación de la deformación y distorsión	158-88

La aceptación o rechazo de la Pruebas Intermedias, dependerá de los niveles establecidos por la empresa, ya que estos son función de las condiciones de la misma (tipos de procesos, materia prima, maquinas y equipos, operarios, etc.)[7]

7.2 Plan de Entrenamiento y Capacitación del Personal.

No se puede obtener un producto que satisfaga al cliente con un personal mal entrenado, ya que la calidad de los mismos es el resultado de los procesos y el factor humano, es por ello de gran importancia tomar en consideración el entrenamiento y capacitación del personal, que permita la integración adecuada entre ambos factores.

El plan de entrenamiento a proponer se basa en dos principios fundamentales:

1. El trabajador debe colocarse en el centro del proceso de aprendizaje, de modo que sea responsable por la determinación de las necesidades, el ajuste de los objetivos de comportamiento, y luego, de alcanzar dichos objetivos, es decir, debe cumplirse una filosofía de aprendizaje que coloca la responsabilidad en el aprendiz y no en el entrenador.

[6] Las Normas COVENIN citadas están incluidas en los anexos.

[7] Los diseños de todos los formatos propuestos están incluidos en los anexos.

2. Para la continuidad del plan, la empresa debe comprometerse a la *Formación Continua*, la cual garantizará la actualización y mejoramiento de las capacidades del personal para lograr una política de calidad integral.

El Plan en tres fases.

El plan de entrenamiento incluye varios elementos: actividades de investigación y diseño, desarrollo de documentación, creación de análisis de necesidades individuales, talleres para preparar a los participantes a usar el sistema, así como entrenamiento y certificación.

Primera Fase.

En la primera fase, con una duración de alrededor de 6 semanas, la tecnología y los equipos de la planta deben ser auditados y analizados, por pasantes y/o tesistas preferiblemente ya que los mismos son recomendables por la capacidad técnica y por lo económico de su contratación. Con los datos que se generen en esta fase de exploración se debe lograr determinar con precisión las habilidades, tareas y conocimientos requeridos por los operarios para todas las etapas de operación en los procesos de producción.

Segunda Fase.

En la segunda fase, de duración aproximada de 2 semanas, se debe incluir todas las actividades necesarias para escribir los manuales, esto comprende la documentación completa de la tecnología (equipos y procesos) en cada etapa de operación identificada en la primera fase. Para esta fase el grupo de pasantes y/o tesistas se encargarán de la documentación, la cual contendrá los fundamentos básicos de los procesos.

Tercera Fase.

La tercera fase, de duración aproximada de 4 a 5 semanas, el conocimiento sobre la tecnología debe ser transferido desde los manuales hasta los aprendices a través del entrenamiento por parte de supervisores y operarios de gran experiencia.

El plan, está diseñado de tal manera que el entrenamiento se pueda ajustar de acuerdo a las necesidades de cada individuo. La herramienta para logra este objetivo es una

Hoja de Análisis de Necesidades de Entrenamiento (HANE)[8], esta hoja es una matriz en la que debe aparecer la lista de cada máquina de un proceso a lo largo de un eje, mientras que en el otro eje aparecerá la lista de cada proceso particular que un individuo debe conocer. Cada intersección es una tarea definida por objetivos que especifican lo que se debe lograr, cuánto se demora para lograrlo, qué tan bien se debe hacer, etc.

Los trabajadores en forma individual evaluarán su habilidad para realizar cada tarea que aparece en la lista de la matriz HANE, por medio de la entrada de un número tal como 2,1 ó 0, y así indicarán si necesitan entrenamiento completo, intermedio o ninguno.

La matriz HANE es sumamente flexible, ya que acomoda el entrenamiento a los empleados independientemente de su nivel de experiencia.

Cuando el aprendiz haya completado la hoja HANE, la misma le sirve como un documento maestro para controlar el entrenamiento. La meta del trabajador debe ser la de volverse proficiente de todas las tareas anotadas en la HANE y demostrar maestría al entrenador o a los miembros del grupo.

Responsabilidad Primaria.

El plan coloca la responsabilidad primaria para completar la HANE en el aprendiz. La metodología de entrenamiento principal debe basarse en un Entrenamiento en el Lugar de Trabajo, en este sistema el trabajador en conjunción con el entrenador, y otros miembros del grupo determinarán lo que necesita para aprender y cómo se puede lograr mejor dicho aprendizaje, para cumplir con los objetivos especificados a través de la hoja HANE.

Una vez que el trabajador aprueba el plan de entrenamiento, se le otorga un certificado, luego dicho trabajador debe cumplir con La *Formación Continua* que se llevará a cabo a través de diversos cursos que se fundamenten en: conocimiento de procesos, herramientas de calidad, maquinaria, etc.

[8] El formato de esta hoja está incluido en los anexos.

Capítulo VIII

Resultados y Análisis

8.1 Clasificación y Descartes de los Defectos.

La fuente para la elaboración del Diagrama de Pareto fue la Data Histórica correspondiente al período Enero 1997 – Diciembre 1997.[10]

Figura 8-1

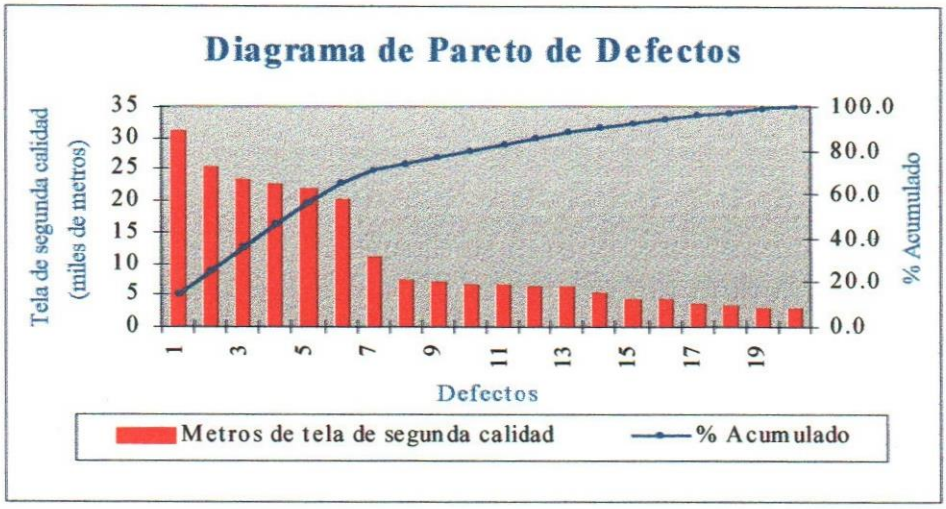


Tabla 8-1: Defectos del Acabados de la Tela de Sábanas

Número del Defecto	*Nombre*
1	Manchas Varias
2	Sucio de Cilindro
3	Trama Torcida
4	Dibujo Descentrado
5	Quemada por parada
6	Arruga de Color
7	Falla de Colorante
8	Mancha de Colorante
9	Marcas de Hilo Colgante
10	Color Irregular
11	Orillo Roto
12	Manchas de Agua
13	Manchas de Costura
14	Escape de Rama
15	Marcas de Piezas
16	Blanco Amarillento
17	Manchas de Óxido
18	Manchas de Grasa
19	Otros Orígenes de Preparación de Tintes
20	Otros Orígenes de Estampación

[10] Dicha Data, está contenida en los anexos.

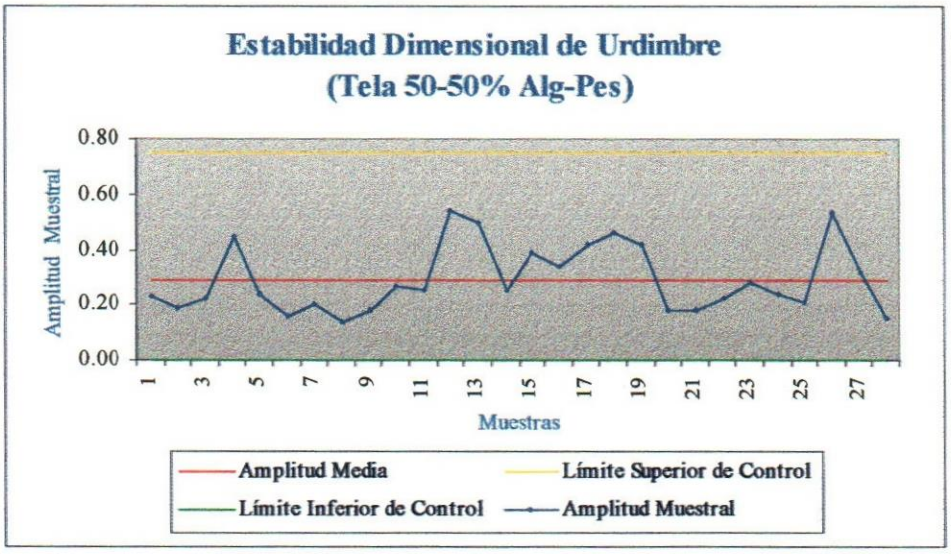
En la Figura 8-1 se observa que alrededor del 80 % del total de los defectos corresponden a la línea de la tela estampada, por tanto las actividades de experimentación se centrarán hacia la misma.

8.2 Comprobación del Control Estadístico del Proceso.

A continuación se presentan los resultados sobre la variabilidad y la media del proceso de acabados de las líneas de sábanas estampadas, para la característica cuantitativa de Estabilidad Dimensional, la cual representa el porcentaje de encogimiento de la tela, esta a su vez es comparada con la especificación de la Norma COVENIN 2348-86.

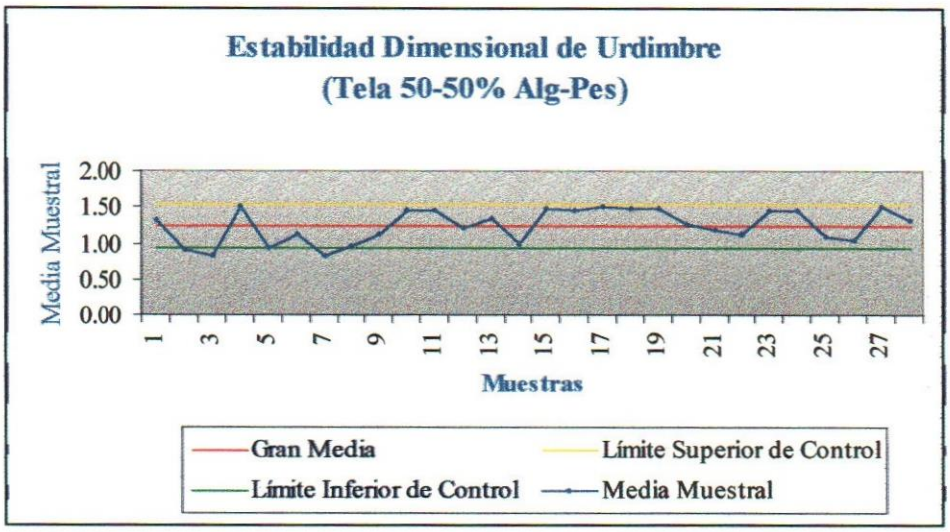
Línea 50-50 % Algodón-Poliéster.

Figura 8-2: Diagrama *R*



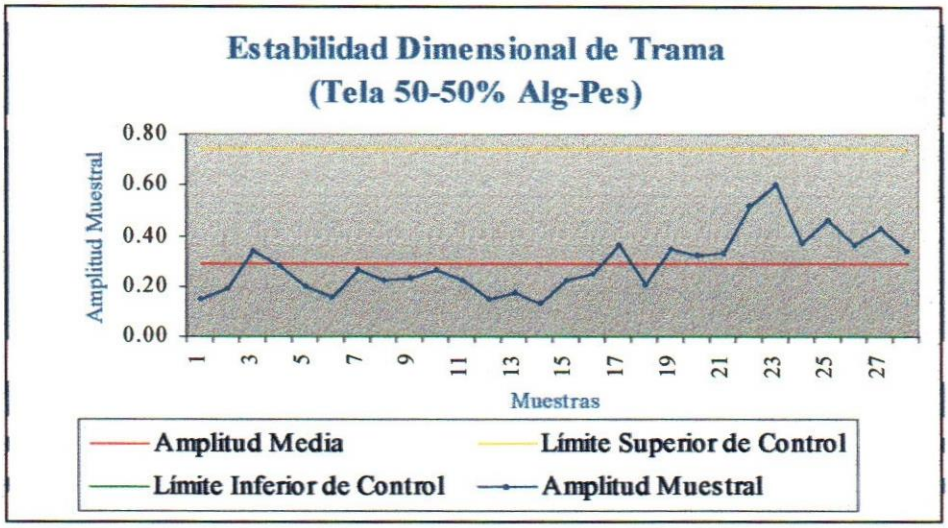
En la figura 8-2, se observa que la variabilidad de la estabilidad dimensional está dentro de control estadístico, es decir que el porcentaje de encogimiento entre las muestras no tiene una diferencia apreciable, siendo esta situación satisfactoria para el proceso. Lo anterior representa un indicio de que el proceso de acabados está bajo control estadístico, sin embargo es necesario comprobarlo por medio del diagrama *x*.

Figura 8-3: Diagrama *x*



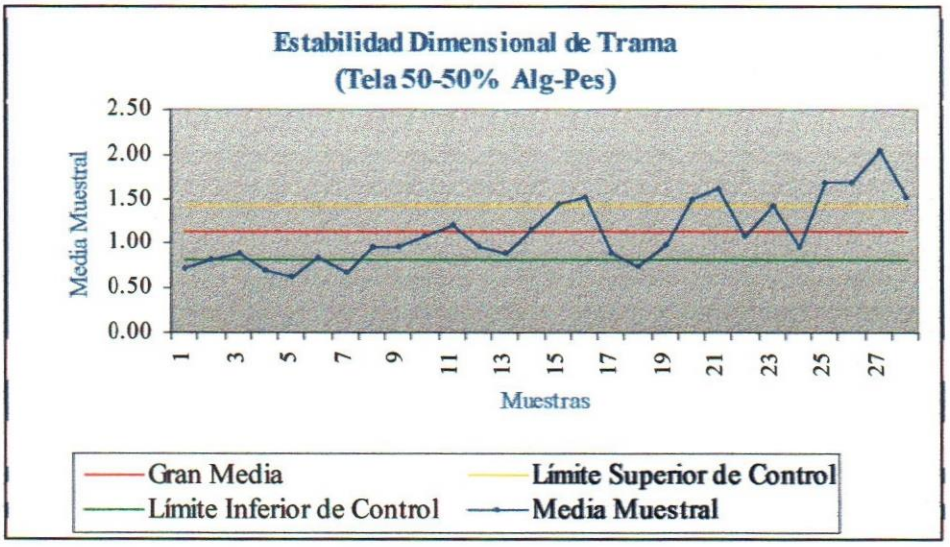
En la figura 8-3, se denota que el proceso de acabados está fuera de control estadístico, ya que cuatro de las primeras ocho muestras del diagrama *x* se encuentran por debajo del límite inferior de control, esta situación no es tan grave porque la tela no presentó gran encogimiento, estando dentro de la especificación de la norma, la cual permite un máximo de 7 % de encogimiento. Para estas muestras el proceso de polimerización que se le da al acabado de la tela para proporcionarle estabilidad dimensional, se llevó a cabo de tal manera que logró inmovilizar prácticamente a las fibras de la misma, y por ende permitió que no se obtuviera el encogimiento promedio.

Figura 8-4: Diagrama *R*



En la figura 8-4, se visualiza que la Estabilidad Dimensional de trama de la sábana estampada algodón-poliéster, se encuentra dentro de los límites de control estadístico, sin embargo la misma presenta un cambio permanente de nivel de la variabilidad, debido a la fatiga que se generó en los operarios por las recurrentes fallas de la fotocélula de la máquina que controla el ancho de la trama.

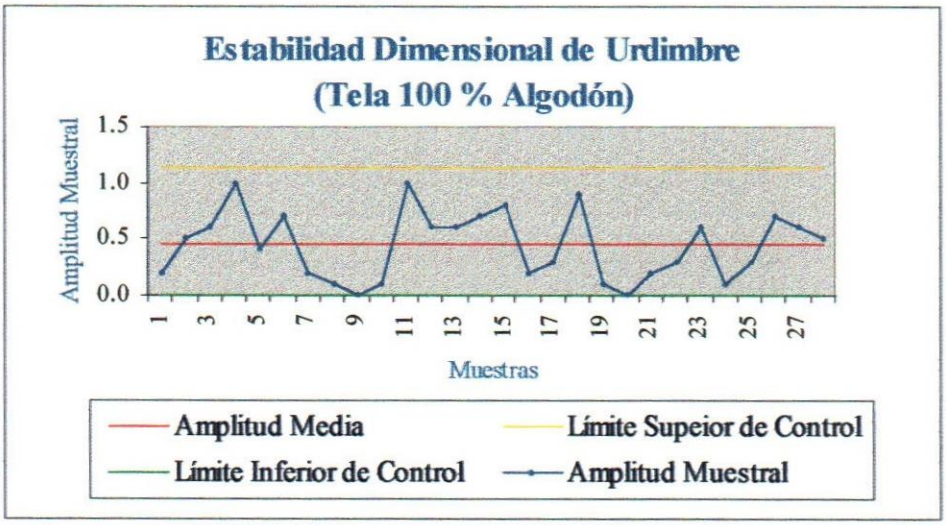
Figura 8-5: Diagrama *x*



En la figura 8-5, las muestras de sábana estampada algodón-poliéster se encuentran fuera de los límites de control y además presentan un cambio permanente de nivel de la media, a consecuencia de las fallas recurrentes en la fotocélula de la máquina, a pesar de lo anterior la tela se encuentra dentro de la especificación de la norma. Por la situación presentada en los diagramas *R* y *x*, el proceso de acabados está fuera de control estadístico.

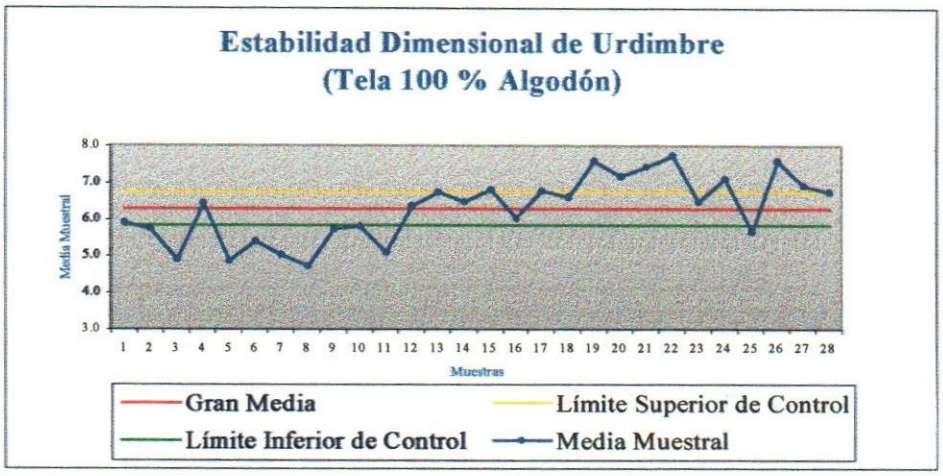
Línea 100 % Algodón.

Figura 8-6: Diagrama *R*



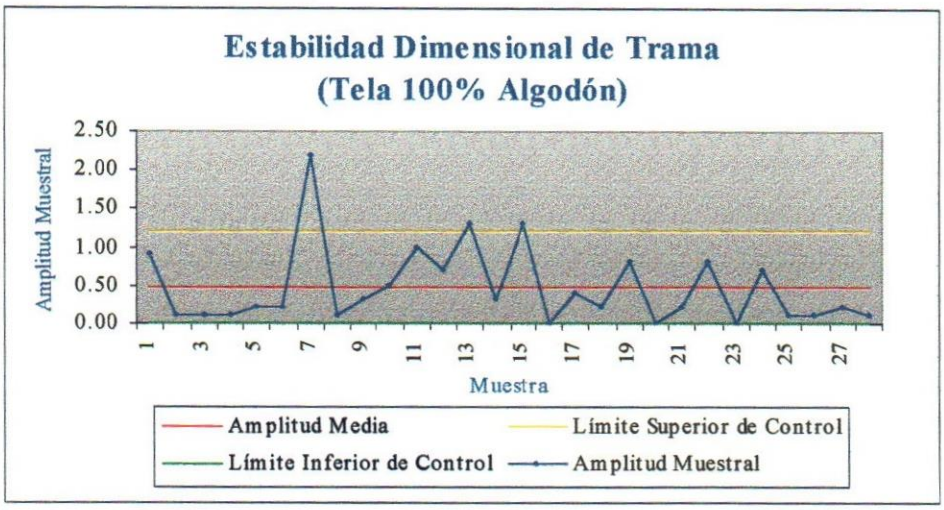
En la Figura 8-6 se denota que la variabilidad de la Estabilidad Dimensional de urdimbre de la tela de sábana estampada 100 % algodón está bajo control estadístico, ya que no existen muestras fuera de los límites de control y además presentan un comportamiento aleatorio. Es necesario realizar el análisis del diagrama *x* para determinar si el proceso de acabados está dentro de control estadístico.

Figura 8-7: Diagrama *x*.



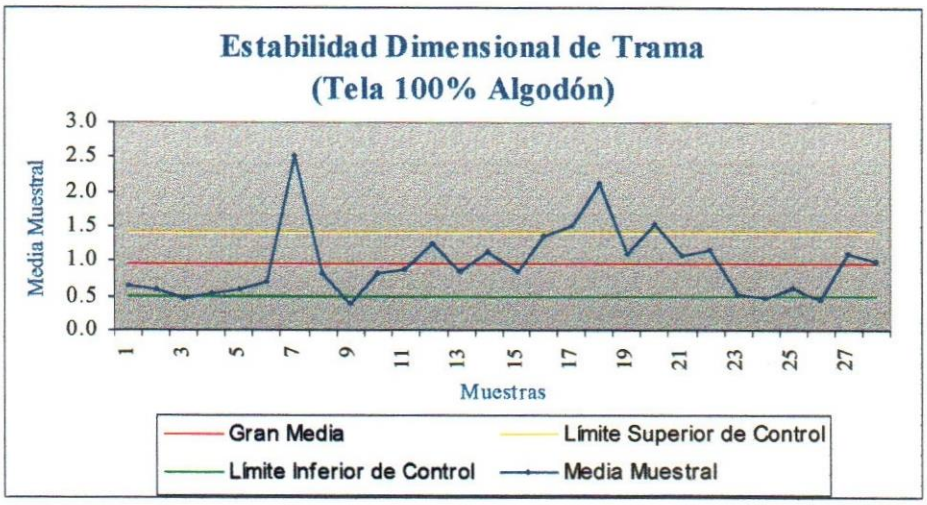
En la figura 8-7, se visualiza que gran cantidad de las muestras rebasan los límites de control, por tanto, el porcentaje de encogimiento de urdimbre de la tela de sábana estampada 100 % algodón, se encuentra fuera de control estadístico, además, las primeras veintidós muestras, reflejan un comportamiento con tendencia a cambio de nivel, que es consecuencia de un progresivo desgaste en las cadenas que mueven los diferentes cilindros de arrastre de la máquina. En este diagrama también puede observarse el hecho de que algunas muestras no cumplen la especificación de la norma. Debido a la situación expuesta del diagrama *x*, el proceso de acabados está fuera de control estadístico.

Figura 8-8



La figura 8-8, representa el porcentaje de encogimiento de trama de la sábana estampada 100 % algodón, en ella se denota que algunas muestras están fuera de control estadístico, ya que sobrepasan el límite superior de control, la muestra número siete (7) presenta un comportamiento muy desviado de la amplitud media, pero su causa no pudo ser determinada, sin embargo la influencia general de las desviaciones de las muestras se debe a un descontrol sobre el ancho otorgado a la tela por medio de la Rama, denotando esta situación que el proceso de acabados está fuera de control estadístico.

Figura 8-9



En la figura 8-9, se evidencia que la estabilidad dimensional de trama de la sábana estampada 100 % algodón, está fuera de control estadístico, corroborando así el anterior gráfico de variabilidad, además la muestra siete (7) sigue siendo la más crítica de todas, ya que presentó el mismo comportamiento para las dos gráficas. Entre las muestras nueve (9) y la diecinueve (19) se denota una tendencia de cambio de nivel, que se debió a las recurrentes fallas ocasionadas en la fotocélula de la máquina Rama. Sin embargo la tela cumple con la especificación de la norma.

En la tabla siguiente se presentan los datos acerca de la media y desviación estándar de cada una de las características estudiadas.

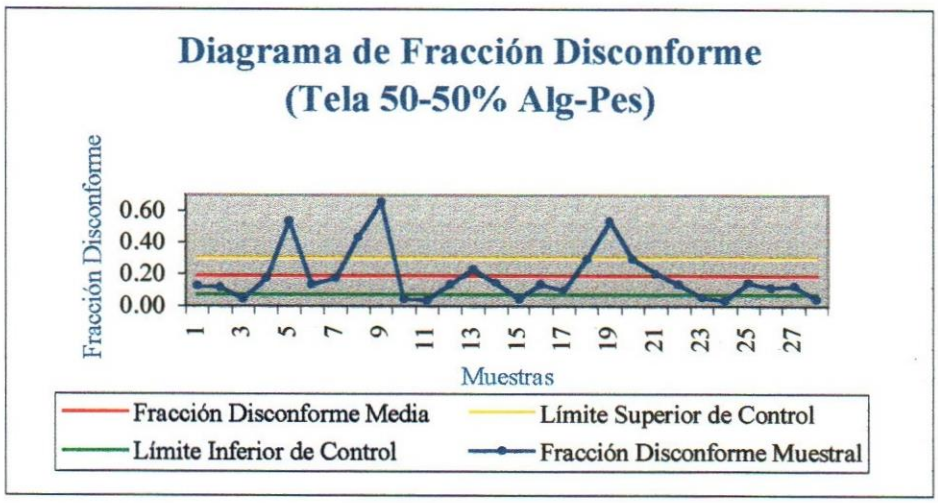
Tabla 8-2: Características de la Tela

Tipo de Tela	*Dirección de Hilo*	*Media*	*Desviación Estándar*
100 % Algodón	**Urdimbre**	**6.3 %**	**0.236 %**
100 % Algodón	Trama	1 %	0.590 %
50-50 % Alg-Pes	Urdimbre	1.24 %	0.732 %
50-50 % Alg-Pes	Trama	1.12 %	0.661 %

A continuación se presentarán los diagramas de control por atributo, para las líneas de sábanas estampadas de 50-50 % algodón-poliéster y 100 % algodón, la característica evaluada es del tipo cualitativa, la cual esta clasificada como tela de primera calidad o tela de segunda calidad. Para el estudio realizado, la fracción disconforme es el

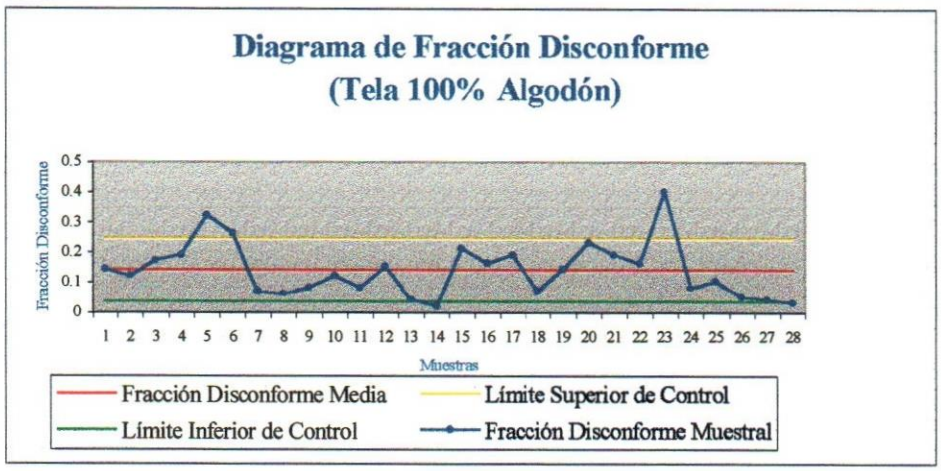
cociente entre la cantidad de metros de tela de segunda calidad y la cantidad de metros de tela total.

Figura 8-10



En la figura 8-10, se observa que la variabilidad de la cantidad de defectos en la tela estampada algodón-poliéster, se encuentra fuera de control, es decir, se presentan casos donde el porcentaje de tela de segunda calidad varía notoriamente con respecto a la media. Las muestras cinco (5), nueve (9) y veinte (20) tienen un porcentaje bastante crítico de tela de segunda calidad, ya que sobrepasan el 40 %, las cuales son atribuidas a las actividades de estampación, además la tela presentaba problemas de trama torcida. Es evidente que la media de este diagrama es alta (18.2 %), lo que representa que existen variables dentro del proceso que se encuentran influyendo negativamente sobre la calidad, por no estar debidamente controladas.

Figura 8-11



En la figura 8-11, se denota que la cantidad de tela de segunda calidad 100 % algodón se encuentra con una variabilidad fuera de control, existen muestras como la cinco (5) y la veintitrés (23) donde la proporción de defectos de ambas es mayor al 30 %, dichos defectos son provenientes en su mayoría de estampación. Además la media del diagrama es elevada (14 %). Por lo anteriormente descrito el proceso de acabados está fuera de control estadístico.

En la tabla 8-3 se presentan los datos con referencia a la media y desviación estándar de la proporción de tela de segunda calidad.

Tabla 8-3: Proporción de Tela de Segunda Calidad.

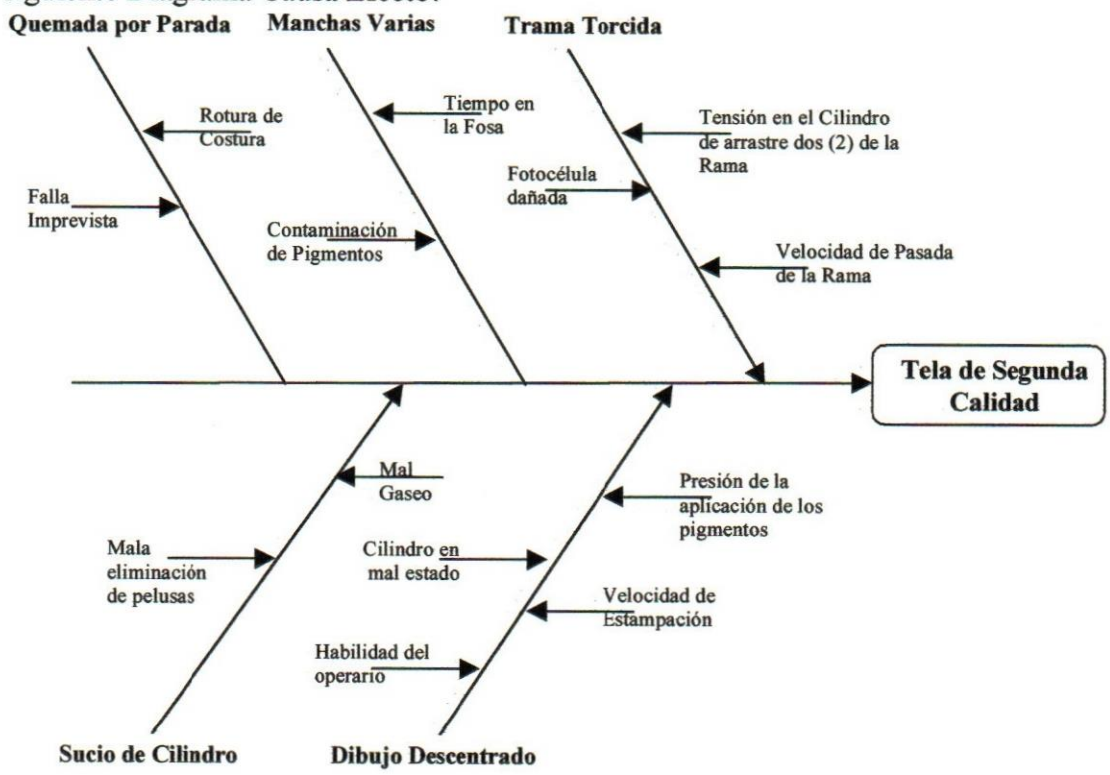
Tipo de Tela	*Media*	*Desviación*
100 % Algodón	0.14	0.035
50-50 % Alg-Pes	0.182	0.038

Como conclusión general, se puede decir que por medio de Los Diagramas de Control, se observa que ambas líneas de sábanas presentan tanto la estabilidad dimensional como la proporción de tela de segunda calidad fuera de control estadístico. El proceso de acabados de sábanas de C.A. Telares de Palo Grande, esta diseñado para que las máquinas tengan un mayor control sobre la estabilidad de la trama, es por ello que la estabilidad dimensional de urdimbre presenta mayores problemas, la misma depende de variables que el operario debe controlar con mayor

precisión, tales como: la velocidad, porcentaje de variación de velocidad de cilindros de arrastre, etc. Para la tela de sábana 100 % algodón se pudo denotar que la misma presenta un encogimiento mayor al de la sábana 50-50 % algodón-poliéster, esto es debido a que en el proceso de acabado de la tela 100 % algodón, la empresa no emplea la resina que lleva a cabo la polimerización de las fibras, otorgándole así la posibilidad de encoger en mayor proporción, sin embargo la tela no debería sobrepasar el 7 % que especifica la norma, lo cual ocurre en dicha tela en el caso de urdimbre por las causas anteriormente mencionadas. En vista de la gran variabilidad que existe en la proporción de tela defectuosa de ambas líneas, se evidenció una falta de control sobre las variables influyentes en el proceso de acabados de las telas de sábanas estampadas, lo cual conlleva a utilizar el Diseño de experimentos como una herramienta estadística que permite disminuir la variabilidad de los procesos a través de la detección de las variables significativas para su posterior control.

8.3 Selección de las Variables Experimentales.

Con los principales defectos resultantes del Diagrama de Pareto se construyó el siguiente Diagrama Causa Efecto:



No todas las variables consideradas en el Diagrama Causa Efecto son incluidas para el objeto de este estudio, las mismas fueron: Falla Imprevista (Rama), Rotura de Costura (Rama), Falla en el Sistema de Eliminación de Pelusa (Estampadora), Fotocélula Dañada (Rama), Cilindro en mal estado, por ser variables incontrolables.

Para la selección de las variables del *Experimento Inicial*, se consideró que las mismas provinieran de una sola máquina, esta fue la estampadora porque en ella se presentaban siete de los nueve defectos principales de la tela de sábana.

Las variables consideradas fueron: *Viscosidad de los Pigmentos, Velocidad de Estampación, Presión de aplicación*, ya que las mismas influyen directamente en la calidad visual de la tela.

Para el *Experimento de Gran Extensión* se tomaron en cuenta las siguientes variables:

Tabla 8-4: Variables del Experimento de Gran Extensión

Variable	*Justificación*
Tensión en la Rama	Tomada en cuenta en el proceso de Enderezado de Trama, ya que en este puede ocurrir el defecto la trama torcida en la tela.
Velocidad de la Rama	Al igual que la variable anterior, es tomada en cuenta en el proceso de Enderezado de Trama, ya que en este puede ocurrir el defecto la trama torcida en la tela.
Porcentaje de Algodón	Para considerar ambas líneas de sábanas.
Tiempo en la Fosa	Considerado después del proceso de Desengomado, ya que la tela entra húmeda a la fosa y es propensa a mancharse a medida que se seca.
Significativas del Experimento Inicial	Para determinar las interacciones con el resto de las variables del proceso incluidas en este experimento.

8.4 Experimento Inicial

Descripción del experimento:

- *Respuesta:* Cantidad de metros de tela de segunda calidad.
- *Número de Variables*: Tres, del tipo cuantitativa.
  1. *Viscosidad de los Pigmentos:* Representa la resistencia a fluir de los pigmentos a través de los cilindros de estampación sobre la tela.
  2. *Velocidad de Estampación:* Esta corresponde a la velocidad con la cual giran los cilindros durante el proceso de estampado. La superficie de estos cilindros es porosa y se le recubre de una resina especial, dejando libre la superficie que

corresponde al diseño del estampado, donde el pigmento sale a presión por acción de una cuchilla, es necesario tener un cilindro por cada color del estampado.

3. *Presión de aplicación:* Es aquella a la cual es sometida al cilindro para realizar el estampado.

- *Nivel de las Variables:*

Tabla 8-5: Niveles de las Variables del *Experimento Inicial.*

Variables	*Nivel Alto*	*Nivel Bajo*
A: Viscosidad del Pigmento	80 dpas[11]	25 dpas
B: Velocidad de Estampación	25 m/min	15 m/min
C: Presión de Aplicación	5 Psi	3 Psi

- *Tipo de Experimento:* Experimento Factorial 2^k.
- *Número de Réplicas:* Tres de 100 metros de tela por cada combinación de tratamiento.

Tabla 8-6: Combinación de Tratamiento para *El Experimento Inicial.*

Tratamiento	*I*	*II*	*III*	*Totales*
1	14	6	7	27
a	8	9	13	30
b	2	3	3	8
ab	8	8	6	22
c	7	4	7	18
ac	8	10	11	29
bc	7	8	3	18
abc	6	8	8	22
				174

Aplicando el método de Yates para obtener los efectos totales se tiene los siguientes resultados:

[11] dpas: Unidad de viscosidad (Deci-pascal-segundo).

Tabla 8-7 Método de Yates para *El Experimento Inicial.*

Tratamiento	*Totales*	*(1)*	*(2)*	*Efecto Total*
1	**27**	**57**	**87**	**174**
a	30	30	87	32
b	8	47	17	-34
ab	22	40	15	4
c	18	3	-27	0
ac	29	14	-7	-2
bc	18	11	11	20
abc	22	4	-7	-18
	174			

Con los efectos totales se procede a construir la Tabla de Análisis de Varianza (ANOVA).

Tabla 8-8: Análisis de Varianza (ANOVA)

Fuente de Variación	*Suma de Cuadrados*	*Grados de Libertad*	*Media de Cuadrados*	F_0
A	**42.67**	1	**42.67**	8.26
B	48.17	1	48.17	9.32**
AB	0.67	1	0.67	0.13
C	0.00	1	0.00	0.00
AC	0.17	1	0.17	0.03
BC	16.67	1	16.67	3.23
ABC	13.50	1	13.50	2.61
Error	82.67	16	5.17	
Total	204.50	23		

La prueba de hipótesis se realizó con un nivel de significación del 1 %, por tanto la abscisa contra la cual se comparó los factores y sus interacciones fue de 8.53, resultando como única variable significativa la variable *B:* Velocidad de Estampación. La variable *A:* Viscosidad del Pigmento no resulto significativa, pero el valor de su F_0 estuvo muy próximo al valor de significación, por ende fue necesario incluirla en *El Experimento de Gran Extensión.*

8.5 Experimento de Gran Extensión.

Descripción del experimento:

- *Respuesta:* Cantidad de metros de tela de segunda calidad.
- *Número de Variables*: Seis, del tipo cuantitativa.

1. *Velocidad de la Rama:* Es la velocidad que le imprime la máquina a la tela en el proceso de enderezado de trama.
2. *Velocidad de Estampación:* Resultó significativa del *Experimento Inicial.*
3. *Tiempo en la Fosa:* La Fosa es un acumulador de tela, necesario por la diferencia existente entre las velocidades del Tren de Cuerdas y la Rama.
4. *Tensión en la Rama:* Representa la diferencia porcentual de velocidad entre el cilindro de arrastre (2) y las cadenas, producen la tensión que realiza el acabado mecánico sobre la tela.
5. *Porcentaje de Algodón:* Representa las dos líneas de sábanas de la empresa, una de 100 % Algodón y la otra 50-50 % de Algodón Poliéster.
6. *Viscosidad de los Pigmentos:* Estuvo muy próxima a ser significativa en *El Experimento Inicial*, por tanto es conveniente incluirla en *El Experimento de Gran Extensión.*

- *Nivel de las Variables:*

Tabla 8-9: Niveles de las Variables del *Experimento de Gran Extensión.*

Variables	*Nivel Alto*	*Nivel Bajo*
A: Velocidad de la Rama.	**35 m/min**	**25 m/min**
B: Velocidad de Estampación.	25 m/min	15 m/min
C: Tiempo en la Fosa.	8 h	4 h
D: Tensión en la Rama.	97 %	103 %
E: % de Algodón de la Tela.	100 %	50 %
F: Viscosidad del Pigmento.	80 dpas	25 dpas

- *Tipo de Experimento:* Experimento Factorial Fraccionado de dos Niveles, de fracción ½ .
- *Número de Réplicas:* Una, de 300 metros de tela por cada combinación de tratamiento.

Por ser un Experimento Factorial Fraccionado de dos niveles, de fracción ½, uno de los factores se generó mediante la Tabla de Signos, este fue la Viscosidad del Pigmento, lo cual permitió reducir los experimentos de sesenta y cuatro a tan solo treinta y dos experimentos.[12]

[12] La tabla de signos empleada fue la correspondiente a la de un experimento 2^{6-1}, incluida en los anexos.

Mediante el Método de Yates se procedió a calcular los efectos totales, dando como resultado la siguiente tabla:

Tabla 8-10: Método de Yates para *El Experimento de Gran Extensión.*

Tratamiento	*Respuesta*	*(1)*	*(2)*	*(3)*	*(4)*	*Efecto Total*
1	52	101	202	309	606	1165
a(f)	49	101	107	297	559	-21
b(f)	21	79	144	208	34	-107
ab	80	28	153	351	-55	103
c(f)	54	71	100	39	-102	-111
ac	25	73	108	-5	5	-85
bc	8	108	192	-44	108	-79
abc(f)	20	45	159	-11	-5	-129
d(f)	45	54	56	-51	-86	131
ad	26	46	-17	-61	-25	-11
bd	38	41	-22	18	-34	-41
abd(f)	35	67	17	-13	-51	-147
cd	47	100	-14	103	-116	63
acd(f)	61	92	-30	5	37	93
bcd(f)	21	82	12	22	-48	-45
abcd	24	77	-23	-27	-81	53
e(f)	42	-3	0	-95	-12	-47
ae	12	59	-51	9	143	-89
be	15	-29	2	8	-44	117
abe(f)	31	12	-63	-33	33	-113
ce	22	-19	-8	-73	-10	61
ace(f)	19	-3	26	39	-31	-17
bce(f)	47	14	-8	-16	-98	153
abce	20	3	-5	-35	-49	-33
de	45	-30	62	-51	104	155
ade(f)	55	16	41	-65	-41	77
bde(f)	45	-3	16	34	112	-21
abde	47	-27	-11	3	-19	49
cde(f)	42	10	46	-21	-14	-145
acde	40	2	-24	-27	-31	-131
bcde	49	-2	-8	-70	-6	-17
abcde(f)	28	-21	-19	-11	59	65

Luego con los efectos totales se construyó la Tabla de Análisis de Varianza (ANOVA), para este caso, por ser un Experimento Factorial Fraccionado de Dos Niveles, el posee una sola réplica, por tanto no existen grados de libertad para el error, entonces el cálculo de la Media de Cuadrados del Error, se realizó con la división entre la sumatoria de los cuadrados de cada uno de los efectos trifactoriales y el producto entre el número de experimentos y el número de los factores

trifactoriales tomados. La razón por la cual se tomaron los factores trifactoriales como estimadores del error es por tener estos *Alias* trifactoriales, estas en general por ser interacciones de orden superior no son significativas en el proceso.

Tabla 8-11: Análisis de Varianza (ANOVA) para *El Experimento de Gran Extensión.*

Fuente de Variación	*Suma de Cuadrados*	*Grados de Libertad*	*Media de Cuadrados*	F_0
A	13.78	1	13.78	0.39
B	358.78	1	358.78	10.15**
AB	331.53	1	331.53	9.41
C	385.03	1	385.03	10.92**
AC	225.78	1	225.78	6.41
BC	195.03	1	195.03	5.53
D	536.28	1	536.28	15.22**
AD	3.78	1	3.78	0.11
BD	52.53	1	52.53	1.49
CD	124.03	1	124.03	3.52
EF	88.78	1	88.78	2.49
E	69.03	1	69.03	1.96
AE	248.53	1	248.53	7.02
BE	428.78	1	428.78	12.14**
CE	116.28	1	116.28	3.30
DF	34.03	1	34.03	0.97
DE	750.78	1	750.78	21.30**
CF	75.03	1	75.03	2.13
BF	536.28	1	536.28	15.22**
AF	9.03	1	9.03	0.26
F	132.03	1	132.03	3.75
Error	352.46	10	35.25	
Total	5063.61	31		

La prueba de hipótesis se realizó con un nivel de significación del 1 %, por tanto la abscisa contra la cual se comparó los factores y sus interacciones fue de 10, resultando nuevamente significativa la *Velocidad de Estampación*, con lo cual se confirma su importancia en el proceso de acabados de la tela de sábanas, así como las variables *Tiempo en la Fosa* y *Tensión en la Rama.* Además, las interacciones importantes son: *Velocidad de Estampación-% de Algodón en la tela, Tensión en la Rama-% de Algodón,* y *Velocidad de Estampación-Viscosidad del Pigmento.*

8.6 Influencia Económica de las Variables Significativas del Proceso de Acabados en los Costos de Producción.

La estructura de Costos de la línea de producción de sábanas de C.A. Telares de Palo Grande, es de la siguiente manera:

1) Costo correspondiente a la fabricación de la tela cruda.
2) Costo correspondiente a los Acabados de la tela (Planta de acabados).
3) Costo de la Confección de sábanas.

A su vez, los productos terminados presentan distintos tamaños, por tanto el costo correspondiente a la confección varía dependiendo del mismo.

Fueron estudiadas las líneas de sábanas estampadas del tipo 50-50 % algodón-poliéster y 100 % algodón, a continuación se presenta la conformación de sus costos en forma porcentual según el tamaño del producto terminado.

Tabla 8-12: Estructura de Costos Generales de la línea 100 % Algodón.

Tamaño	*Tela Cruda (%)*	*Acabados (%)*	*Confección (%)*
Individual	50.42	34.80	14.78
Matrimonial	50.94	35.15	13.91
Queen	51.38	35.45	13.17
King	51.52	35.55	12.93

Tabla 8-13: Estructura de Costos Generales de la línea 50% Algodón 50% Poliéster

Tamaño	*Tela Cruda (%)*	*Acabados (%)*	*Confección (%)*
Individual	44.62	36.27	19.11
Matrimonial	45.11	36.66	18.23
Queen	45.51	36.99	18.50
King	45.65	37.10	18.25

Como se denota los costos correspondientes a la Planta de Acabados para la línea de sábanas, representan un valor importante sobre el Costo total, es decir, entre el 34 % y 38 %.

En la planta de acabados la estructura de costos, está conformada por las diferentes máquinas, operaciones y materiales que se requieren para los procesos de los acabados de la tela, la misma se presenta a continuación por línea de sábana. Cada

oportunidad, producto de la mayor proporción de tela de primera, logre una empresa más competitiva en el ámbito nacional e internacional.

8.7 Propuestas de Mejoras para el Control de las Variables Significativas.

Ante la presencia de variables del Proceso de Acabados, que influyen en la calidad de la tela de sábana, surge la necesidad del control de las mismas, por tanto, la empresa debe plantearse esta posibilidad por medio de herramientas, métodos y dispositivos disponibles para ello.

El control de dichas variables debe comenzar por la estimación de los niveles óptimos de operación de las mismas y de sus interacciones, para ello se debe tomar como herramienta el Diseño Factorial de Dos Factores así como el Diseño Unifactorial, para posteriormente realizar una estimación exacta de los niveles por medio de Métodos de Superficies de Respuestas.

Para la ejecución de los Experimentos Factoriales de Dos Factores, se recomiendan las siguientes combinaciones entre las variables para obtener los mejores resultados posibles del valor de sus niveles, ya que estas interacciones son significativas en el proceso:

- *Velocidad de Estampación - Porcentaje de Algodón.*
- *Tensión en la Rama - Porcentaje de Algodón.*
- *Velocidad de Estampación – Viscosidad.*

Para la variable de *Tiempo en la Fosa* es recomendable realizar un Experimento Unifactorial, ya que esta no presentó interacciones importantes con los demás factores.

Una vez realizados los Experimentos, se debe recurrir a los controles de los niveles de las variables por medio de distintos dispositivos destinados para ello.

- *Velocidad de Estampación*: Esta variable es medida por medio de un tacómetro mecánico, el cual actualmente no posee escala formal, por tanto resulta necesario primero que nada hacer el cambio por un tacómetro digital el cual registra los valores con mayor fidelidad y permite al operario establecer los niveles justos de operación. Además la máquina Estampadora, debe poseer un programa de

mantenimiento regular efectivo, para controlar el desgaste de piezas, engranajes, y otros, que influyen directamente sobre las variaciones de velocidad.

- *Tensión en la Rama*: Por ser esta una variable que mide una relación porcentual entre velocidades, se requiere para su control, que el sistema de medición esté correctamente funcionado, es decir, los tacómetros eléctricos y el indicador porcentual. Además es necesario que las cadenas de la máquina se encuentren en buenas condiciones para el desarrollo de su velocidad, así como el cilindro de arrastre (2) el cual debe poseer una superficie uniforme para evitar diferencias de velocidad a lo largo de él. Existe una Fotocélula que controla la distancia entre las cadenas, estas determinan el acabado mecánico sobre el ancho de la tela, la misma debe llevar un régimen estricto de mantenimiento preventivo para lograr su perfecto funcionamiento, evitando de esta manera que el operario realice esta operación manualmente generando una tensión que no sea la requerida (no uniforme).
- *Tiempo en la Fosa*: La mejor manera de controlar esta variable es a través de un buen programa de producción, ya que por medio de este se ataca la causa y no el efecto, es decir, al introducirse una tela en la Fosa se sabrá con exactitud cuanto tiempo máximo estará allí, y no habrá necesidad de recurrir a posibles reprocesos para minimizar las manchas que aparecen en la tela por transcurrir mucho tiempo dentro de la fosa. Además se recomienda un plan de limpieza para la Fosa, ya que actualmente lo requiere, este puede basarse en mecanismos de riego.
- *Viscosidad*: Para el control de esta variable se requiere el uso de un viscosímetro el cual debe estar perfectamente calibrado, ya que actualmente la medición de este parámetro se hace en forma táctil, lo que representa una medida inexacta por su gran variabilidad.

Para un control más estricto de las variables, sobre todo la de velocidad, se recomienda un Sistema de Control Adaptativo, el cual ajusta automáticamente sus parámetros para compensar los cambios que puedan producirse en el proceso, es decir, el sistema de control es *"Adaptado"* al proceso.

porcentaje está dado sobre el costo total de la tela de sábana, para denotar su influencia directa.

Tabla 8-14: Estructura de Costos los de Acabados de la Tela 100 % Algodón

	Individual	*Matrimonial*	*Queen*	*King*
Tren de Cuerdas (%)	3.36	3.40	3.42	3.43
Gaseadora (%)	0.77	0.79	0.79	0.80
Fosa (%)	0.26	0.27	0.27	0.27
Rama (%)	7.96	8.05	8.12	8.14
Estampadora (%)	8.75	8.84	8.92	8.94
Insumos (%)	10.45	10.56	10.65	10.68
Contracción(%)	3.11	3.15	3.17	3.18
Revisión (%)	0.14	0.11	0.11	0.11

Tabla 8-15: Estructura de Costos de los Acabados de la Tela 50-50 % Alg -Pes.

	Individual	*Matrimonial*	*Queen*	*King*
Tren de Cuerdas (%)	3.39	3.43	3.46	3.47
Gaseadora (%)	0.82	0.82	0.83	0.83
Fosa (%)	0.28	0.28	0.28	0.28
Rama (%)	8.32	8.41	8.49	8.51
Estampadora (%)	9.15	9.25	9.34	9.36
Insumos (%)	10.92	11.04	11.14	11.32
Contracción(%)	3.25	3.29	3.32	3.33
Revisión (%)	0.14	0.14	0.13	0.13

Dentro del Costo asignado a la Planta de Acabados se encuentra que el 5 % del total del mismo se asigna a los reprocesos, que derivan de la generación de tela defectuosa a la que se le puede opacar o eliminar dicho defecto, estos reprocesos a su vez son llevados a cabo generalmente en las máquinas: Rama, Tren de Cuerdas y la Gaseadora, por tanto es esta una fuente de mejora que permite a la empresa reducir costos.

Si se controlan las variables significativas del proceso de Acabados, de tal manera que no se genere tela de segunda calidad y por ende no se requiera de los reprocesos o estos se reduzcan considerablemente, desaparece o se minimiza este porcentaje que equivale el 1.83 % del costo total promedio de una sábana confeccionada. Considerando los grandes volúmenes de venta de C.A. Telares de Palo Grande, el ahorro del 1.83 % del costo total de una sábana representa una cifra atrayente, la cual puede ser destinada en otros proyectos, que conjuntamente con el costo de

9.1. Conclusiones.

A través del estudio realizado, sobre el proceso de acabados textiles en las telas de sábanas de C.A. Telares de Palo Grande, se concluye:

- Las variables significativas del proceso de acabados de las líneas de sábanas son *Velocidad de Estampación, Tiempo en la Fosa, Tensión en la Rama* y las interacciones: *Velocidad de Estampación-Porcentaje de Algodón, Tensión en la Rama-Porcentaje de Algodón,* y *Velocidad de Estampación-Viscosidad del pigmento.*
- La metodología elaborada para el control de la calidad, basada en El Diseño de Experimentos, se adaptó a los requerimientos de los acabados textiles obteniéndose resultados satisfactorios.
- El Diseño de Experimentos Factorial 2^k, es una herramienta estadística eficaz, económica, y de fácil aplicación en la determinación de las variables significativas del proceso de acabados textiles.
- Se logra un ahorro de hasta 1.83 % del costo total de una sábana confeccionada, con el control de las variables significativas del proceso de acabados.
- Aproximadamente el 80 % de los defectos de acabados que se presentan en las líneas de sábanas, provienen del proceso de estampación.
- La Estabilidad Dimensional como característica crítica que determina calidad en la tela de sábanas, se encuentra fuera de control estadístico.
- En cuanto a la especificación de la norma, la tela 100 % algodón es la que presenta mayores problemas de Estabilidad Dimensional de urdimbre.
- La proporción de la cantidad de tela de segunda calidad se encuentra muy elevada y con una variabilidad fuera de control estadístico.

9.2. Recomendaciones.

- Con el estudio realizado en el presente trabajo especial de grado se determinaron las variables significativas del proceso de acabados de la línea de sábanas, sin embargo es necesario profundizar más en las actividades de experimentación, para determinar los niveles óptimos de las mismas, esto puede desarrollarse a través de Experimentos Unifactoriales para las variables de: *Velocidad de Estampación, Tiempo en la Fosa, Tensión en la Rama*, para el caso de las interacciones bifactoriales: *Velocidad de Estampación-% de Algodón, Tensión en la Rama-% de Algodón,* y *Velocidad de Estampación-Viscosidad del pigmento,* se deben realizar Experimentos Factoriales de Dos Factores, para ambos diseños experimentales se deben usar como mínimo cuatro niveles.
- Como inicio hacia el perfeccionamiento a pequeña escala de la calidad, es oportuno que la empresa adopte la metodología propuesta en este trabajo especial de grado, la misma puede ser aplicada al resto de las líneas de tela de la empresa.
- Es conveniente ampliar las actividades de experimentación hacia el desarrollo de nuevos productos, para mejorar la competitividad de la empresa.
- Para reducir la probabilidad de ocurrencia de fallas en la línea de sábanas estampadas, se requiere la elaboración de un plan de mantenimiento integral.
- Es necesario experimentar con la tela de sábana 100 % algodón, para buscar una resina adecuada que permita lograr la polimerización de la fibra y evitar así las fallas en la estabilidad dimensional.
- Es importante emplear Los Diagramas de Control, ya que son una muy buena herramienta estadística para proporcionar información acerca del desarrollo del proceso productivo. Si estos se realizan simultáneamente con la producción, se pueden tomar medidas preventivas que eviten problemas de mayor trascendencia. Su elaboración puede estar a cargo de operarios, sin embargo el análisis de los mismos debe ser por cuenta del personal de laboratorio y de los ingenieros de proceso.
- La empresa requiere de una Gerencia de Control de Calidad, para la implantación de un sistema de control total de la calidad, y así suministrar productos en los

cuales su calidad haya sido diseñada, producida y sostenida a un costo económico y que satisfaga por entero al consumidor.

- Es conveniente, que la empresa adquiera un software de Manufactura Integrada, que contenga: el manejo y control de la producción, base de datos textiles, manejo de recetas de producción, sistema de inspección de telas, requisitos de compras, etc., que se adapte a las políticas de la empresa y ayude a la toma de acertada de decisiones, para lograr una empresa líder en el ámbito textil.
- Un producto de calidad es consecuencia de un buen proceso y de la mano de obra, por tanto, para satisfacer las necesidades del cliente, es importante contar con un personal capacitado y motivado para el buen desempeño laboral, para ello, es conveniente que la empresa invierta en dichos planes.

Capítulo IX

Conclusiones y Recomendaciones

Bibliografía

(13) VAUGHT, Richard C. Control de Calidad. Limusa Noriega Editores: México 1995, Pág. 31-133.

(14) Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN).

(15) American Association of Textile Chemists and Colorists (AATTC).

(16) BESTERFIEL, Dale H. Control de Calidad. Cuarta Edición. Prentice Hall: México 1994, Pág. 15-18. 22-25. 135-141.

(17) ARVELO L, Angel Francisco. La Capacidad de los procesos industriales. Métodos estadísticos exigidos por las normas ISO 9000. Publicaciones U.C.A.B: Venezuela 1998, Pág. 65-87.

(18) CREUS, Antonio. Instrumentación Industrial. Quinta Edición. Alfaomega Marcombo: México.1995, Pág. 299-301. 703-714.

(19) HODSON, William K. Maynard. Manual del Ingeniero Industrial. Cuarta Edición. Mc Graw Hill: México 1998. Tomos II y III.

(20) RODRÍGUEZ, Ontiveros, J. Diccionario Textil Panamericano. (Español-Inglés. Inglés-Español). Segunda Edición. W.R.C. Smith Publishing CO: España 1971, Pág. 25-27, 74-75, 221.

(21) ROSSO K, Rosalie. Textile Identification, Conservation and Preservation. Noyes Publications: U.S.A. 1985, Pág. 17-27, 98-101.

Bibliografía.

(1) SMITH F, Betty and BLOCK, Ira. Textiles in Perspective. Prentice Hall. Pág. 1-15.

(2) "La industria Textil de Latinoamérica y Perspectivas en el futuro" En: Textiles Panamericanos, Edición Especial. Octubre de 1991, Nº 4, Vol. 51, Pág 16-41.

(3) "ATV reclama atención. Gobierno margina la Industria Textil" En: Venezuela Textil, 1992, Vol. VII, Pág. 37.

(4) MONTGOMERY, Douglas C. Diseños y Análisis de Experimentos. Grupo Editorial Iberoamérica: México 1991, 589 Pág.

(5) COCHRAM, William G. y COX, Gertrude M. Diseños Experimentales. Editorial Trillas: México 1997, Pág. 66-118, 177-313.

(6) FEIGENBAUM, Armand V. Control Total de la Calidad. Tercera Edición. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V: México 1995, Pág.1-26, 419-491.

(7) MONTGOMERY, Douglas C. Control Estadístico de la Calidad. Grupo Editorial Iberoamérica: México 1991, Pág.64-182.

(8) "Entrenamiento al personal incrementa la producción y la calidad en Mosanto". En: Textiles Panamericanos, Tercera Edición de 1996 (Mayo/Junio), Nº3 Vol. 56, Pág. 76-80.

(9) "América Latina: Importaciones Desarrollos Económicos y sus efectos en la Industria Textil y de la Confección". En: Textiles Panamericanos, Tercer Trimestre de 1993, Nº 3 Vol. 53.

(10) "El Laboratorio de Tintorería un esfuerzo hacia la calidad". En: Venezuela Textil, Volumen VII, Pág. 20-24.

(11) PUENTE B, Juan José, Planes de Emergencia Industrial. Guía para su realización. Editorial Servicio Central de Publicación del gobierno Vasco: España 1989, Pág. 21-25.

(12) MONTGOMERY, Douglas C. y RUNGER, George C. Probabilidad y Estadística aplicadas a la Ingeniería. Mc Graw Hill: México 1996, Pág. 685-800, 831-875.