

**USO EFICIENTE DE AGUA EN EL TEÑIDO DE TELAS DE
POLIÉSTER-ALGODÓN**



TESIS

MAESTRIA EN CIENCIAS

ESPECIALIDAD EN INGENIERIA AMBIENTAL

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE
ESTUDIOS SUPERIORES DE
MONTERREY**

POR

MARGARITA MARTÍNEZ FIGUEROA

DICIEMBRE DE 1997

**USO EFICIENTE DE AGUA EN EL TEÑIDO DE TELAS DE
POLIÉSTER-ALGODÓN**



TESIS

MAESTRIA EN CIENCIAS

ESPECIALIDAD EN INGENIERÍA AMBIENTAL

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE
ESTUDIOS SUPERIORES DE
MONTERREY**

POR

MARGARITA MARTÍNEZ FIGUEROA

DICIEMBRE DE 1997

**USO EFICIENTE DE AGUA EN EL TEÑIDO DE TELAS DE
POLIÉSTER-ALGODÓN**



TESIS

MAESTRIA EN CIENCIAS

ESPECIALIDAD EN INGENIERIA AMBIENTAL

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE
ESTUDIOS SUPERIORES DE
MONTERREY**

POR

MARGARITA MARTÍNEZ FIGUEROA

DICIEMBRE DE 1997

**USO EFICIENTE DE AGUA EN EL TEÑIDO DE TELAS DE
POLIÉSTER-ALGODÓN**

Tesis presentada

por

MARGARITA MARTÍNEZ FIGUEROA

**Presentada ante la Dirección Académica de la Universidad Virtual del
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey
como requisito parcial para optar
al título de**

MAESTRA EN CIENCIAS

Diciembre de 1997

Maestría en Ciencias con Especialidad en Ingeniería Ambiental

DEDICATORIA

Al creador, por darme la vida

A mis padres, por su ejemplo e impulso

A Juan Francisco y Alejandro, por estar ahí cuando los necesitaba

A Jaime, Daniella, Alejandro, Olga, Ricardo, Claudia, Maribel, que con su amistad y ayuda constante, me dieron fuerzas para continuar en los momentos difíciles

A Swaminathan, por su apoyo incondicional

A todos aquellos colaboraron conmigo durante el proyecto para hacerlo realidad

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Martin Ferus, por su apoyo durante mi estancia en la empresa, ya que el proyecto fue originalmente iniciado por él. Siempre colaboró con valiosos comentarios y sugerencias para el desarrollo de esta tesis.

Quero ofrecer un agradecimiento especial para el Sr. Arnold Lorber, presidente de la empresa, por permitirme el acceso a su empresa ya que con ello fue posible la elaboración de la tesis.

También quiero agradecer la ayuda sin límites que recibí de parte de todo el personal en todo momento.

Además estoy muy agradecida con Aarti Sharma, de Research Triangle Institute, y Luisa Ma. Flores Vélez, investigadora de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, por aceptar colaborar como sinodales en mi investigación.

RESUMEN

USO EFICIENTE DE AGUA EN EL TEÑIDO DE TELAS DE POLIÉSTER-ALGODÓN

DICIEMBRE DE 1997

MARGARITA MARTÍNEZ FIGUEROA

INGENIERA QUÍMICA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

MAESTRA EN CIENCIAS

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

Dirigida por el Profesor Martin Ferus

La industria textil forma parte de las industrias que consumen grandes volúmenes de agua en el mundo.

El propósito del presente estudio consiste en establecer los lineamientos para la optimización en el consumo de agua en el departamento de tintorería de una empresa textil, en el proceso de teñido de piezas de poliéster/algodón teniendo como escenario la empresa textil Lorber Industries of California, localizada en Gardena, CA.

Se realizó una auditoría previa al proceso, para conocer el estado actual de lotes teñidos bien a la primera vez (BPV), puesto que un lote mal teñido significa realizar adiciones de químicos, colorantes para obtener el tono deseado, lo que acarrea el incremento en el volumen de agua utilizado.

Los resultados de esta auditoría mostraron que 71% de los lotes es teñido BPV. Cerca del 22% del consumo total de agua por mes es utilizado para reprocesar lotes o para realizar adiciones de colorantes y químicos en aquellos lotes que lo requieren.

Se estudiaron diferentes posibles causas del alto índice de reprocesos y adiciones:

1. Sistema insuficiente de servicios, vapor, agua caliente y agua fría, necesarias para el proceso. Se encontró que el sistema actual de servicios es suficiente.
2. Problemas en maquinaria, debidas a sobrecarga de material, estilo de material y velocidad del riel guiador de tela. Se encontró que la sobrecarga en las máquinas analizadas poco tiene que ver con los problemas en la maquinaria. En cuanto al estilo y velocidad del riel guiador, tienen relación entre sí y se recomienda una velocidad entre 300 y 350 m/min.
3. Baja reproducibilidad de formulaciones entre laboratorio y producción. Se realizaron pruebas en poliéster 100%, en las que se intenta cambiar las condiciones físicas de operación del laboratorio para obtener los mismos resultados que en producción. Se encontró que para obtener una reproducibilidad elevada, en tonos oscuros, el tiempo en que se mantiene la tintura a alta temperatura puede ser incrementado, y para tonalidades claras, este puede ser disminuído.

Ademas se realizaron cambios en el pretratamiento de telas, para la disminución en el consumo de agua, con la substitución de ciertos enjuagues.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	PÁGINA
RESUMEN.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES O FIGURAS.....	xiii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xv
Capítulo	
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo de la tesis.....	3
1.1.1 Hipótesis	3
1.2. Metodología y alcance del estudio.....	4
2. GENERALIDADES.....	5
2.1 Situación problemática.....	5
2.2 El agua, un recurso natural agotable.....	8
2.3 La industria Textil.....	11
2.3.1 El proceso de fabricación de textiles.....	11
2.3.2. Pretratamiento de materiales.....	12
2.3.3. Teñido de materiales textiles.....	14
2.3.3.1. Tintura de fibras de poliéster.....	16
2.3.3.1.1. Tintura de poliéster a alta presión.....	17
2.3.3.2. Tintura de fibras de algodón	19
2.4 El impacto de la industria textil en el ambiente.....	20
3. METODOLOGÍA Y DEFINICIÓN DEL UNIVERSO DE PRUEBA.....	22

	PÁGINA
3.1 Metodología.....	22
3.2 Lotes teñidos Bien a la Primera Vez. Análisis estadístico.....	23
3.2.1. Definición de lotes teñidos BPV, lotes con adiciones de colorante y lotes reprocesados.....	24
3.2.2. Relación de lotes con adiciones de colorante.....	26
3.2.3. Relación en porcentaje de lotes teñidos BPV.....	27
3.2.4. Volumen de agua consumido.....	28
3.3 Definición del universo de prueba. Selección de la maquinaria.....	30
4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	32
4.1 Fuente de abastecimiento de vapor y agua.....	32
4.2 Fallas en la maquinaria durante el ciclo de teñido.....	36
4.2.1. Tiempos muertos durante el ciclo de teñido.....	36
4.2.1.1. Modo manual.....	36
4.2.1.2. Espera por alimentación de productos químicos y colorantes.....	37
4.2.1.3. Problemas mecánicos o eléctricos.....	37
4.2.2. Causas de tiempos muertos durante el ciclo de teñido.....	39
4.2.2.1. Sobrecarga de material.....	40
4.2.2.2. Estilo de material.....	42
4.2.2.3 Velocidad del riel guiador de la tela.....	45
4.3 Reproducibilidad de formulaciones entre laboratorio y producción.....	49

	PÁGINA
4.3.1. Procedimiento.....	49
4.3.2. Condiciones de las pruebas de teñido, poliéster 100%.....	51
4.3.3. Identificación de las muestras.....	55
4.3.4. Presentación de resultados.....	57
4.3.4.1. Negro #82731.....	57
4.3.4.2. Negro #82857.....	60
4.3.4.3. Cambray #53616.....	63
4.3.4.4. Marfil #93009.....	64
4.4. Modificación de procedimiento de blanqueo, sustitución de enjuagues.....	67
4.5 Análisis de resultados.....	71
4.5.1. Análisis estadístico.....	71
4.5.2. Fuente de abastecimiento de vapor, y agua caliente y fría.....	71
4.5.3. Tiempos muertos.....	71
4.5.4. Reproducibilidad de formulaciones entre laboratorio y planta.	72
4.5.5. Modificaciones en el procedimiento de blanqueo.....	73
5. CONCLUSIONES.....	74
6. RECOMENDACIONES Y FUTUROS PROYECTOS.....	76
6.1 Recomendaciones.....	76
6.2 Futuros proyectos.....	76
ANEXOS	
A. Resultados de pruebas en poliéster 100%.....	78

	PÁGINA
B. Resultados de pruebas en poliéster-licra.....	85
C. Resultados de pruebas en algodón 100%.....	92
D. Resultados de pruebas en poliéster algodón.....	97
GLOSARIO.....	101
BIBLIOGRAFÍA O REFERENCIAS CITADAS.....	108
VITAE.....	112

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
2.1 Costo de los residuos generados por la industria textil.....	7
3.1 Panorama de operaciones de teñido en Lorber Industries, Diciembre 1996- Junio 1997.....	25
3.2 Lotes con adiciones de colorante.....	27
3.3 Lotes teñidos BPV.....	28
3.4 Consumo de Agua.....	29
3.5 Lotes teñidos por máquina.....	30
4.1 Velocidades de calentamiento/enfriamiento teóricas y actuales.....	35
4.2 Tiempo muerto en la máquina #3.....	38
4.3 Tiempo muerto en la máquina #8.....	38
4.4 Lotes con problemas de atoramiento de tela, máquinas # 3 y 8.....	40
4.5 Relación entre tiempo muerto – estilo de material, máquina #3.....	43
4.6 Relación entre tiempo muerto – estilo de material, máquina #8.....	44
4.7 Relación entre tiempo muerto – velocidad del riel guiador de la tela, máquinas #3 y #8.....	47
4.8 Descripción de las condiciones de prueba de teñido para poliéster 100%...	51
4.9 Teñido de poliéster 100, identificación de muestras.....	56
4.10 Programa de blanqueo de materiales actual.....	68
4.11 Programa de blanqueo de materiales modificado.....	69
A-1. Resultados de las muestras de poliéster 100%.....	78
B-1. Descripción de las condiciones de prueba de teñido para poliéster-licra.....	85

	PÁGINA
B-2. Identificación de muestras.....	88
B-3 Resultados de las muestras de poliéster-licra.....	90
C-1. Descripción de las condiciones de prueba de teñido para algodón 100%.....	92
C-2. Identificación de muestras.....	94
C-3 Resultados de las muestras de algodón 100%.....	95
D-1. Descripción de las condiciones de prueba de teñido para poliéster-algodón.	97
D-2. Identificación de muestras.....	99
D-3 Resultados de las muestras de poliéster-algodón.....	100

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES O FIGURAS

	PÁGINA
2.1 Disponibilidad de agua en el estado de California, EUA.....	10
2.2 Procesos dentro de la industria textil.....	12
2.3 Penetración de colorante en fibras textiles.....	14
2.4 Etapas de teñido.....	15
2.5 Maquina semicontinua de teñido (<i>jet</i>).....	18
4.1 Ejemplo de las gráficas generadas por el sistema AMC-100 para el cálculo de las velocidades de calentamiento/enfriamiento.....	34
4.2 Sobrecarga de material vs. tiempo muerto.....	41
4.3 Velocidad del riel guiador de tela vs. tiempo muerto.....	46
4.4 Teñido de muestras de poliéster, prueba 0.....	52
4.5 Teñido de muestras de poliéster, prueba 1.....	53
4.6 Teñido de muestras de poliéster, prueba 2.....	53
4.7 Teñido de muestras de poliéster, prueba 3.....	54
4.8 Teñido de muestras de poliéster, prueba 4.....	54
4.9 Teñido de muestras de poliéster, prueba 5.....	55
4.10 % de Amarillo Dispersol D7G vs. pruebas de teñido de poliéster.....	58
4.11 % de Rojo Dispersol C4G vs. pruebas de teñido de poliéster.....	58
4.12 % de Negro Dispersol XF vs. pruebas de teñido de poliéster.....	59
4.13 % de Amarillo Intrasil 2GW vs. pruebas de teñido de poliéster.....	60
4.14 % de Rojo Intrasil FTS vs. pruebas de teñido de poliéster.....	61
4.15 % de Negro Disperse Rite E-EX vs. pruebas de teñido de poliéster.....	61

	PÁGINA
4.16 % de Azul Marino Dispersol XF vs. pruebas de teñido de poliéster.....	63
4.17 % de Amarillo Café Dispersol XF vs. pruebas de teñido de poliéster.....	65
4.18 % de Azul Dispersol XF vs. pruebas de teñido de poliéster.....	66
B-1. Teñido de muestras de poliéster-licra, prueba 0.....	86
B-2. Teñido de muestras de poliéster-licra, prueba 1.....	86
B-3. Teñido de muestras de poliéster-licra, prueba 2.....	87
B-4. % de Amarillo Intrasil 2GW vs. pruebas de teñido de poliéster-licra.....	89
B-5. % de Rojo Intrasil FTS vs. pruebas de teñido de poliéster-licra.....	89
B-6. % de Azul Marino Intrasil HRS vs. pruebas de teñido de poliéster-licra....	90
C-1. Teñido de muestras de algodón 100%, prueba 0.....	93
C-2. Teñido de muestras de algodón 100%, prueba 1.....	93
C-3. Teñido de muestras de algodón 100%, prueba 2.....	94
D-1. Teñido de muestras de poliéster-algodón, prueba 0.....	98
D-2. Teñido de muestras de poliéster-algodón, prueba 1.....	98
D-3. Teñido de muestras de poliéster-algodón, prueba 2.....	99

LISTA DE ABREVIATURAS

°C	Grados Celsius
°F	Grados Fahrenheit
BPV	Bien a la primera vez
gal	Galones
Hr	Horas
Kg	Kilogramos
m	metros
m/min	metros por minuto
min	Minutos
rpm	Revoluciones por minuto
Temp.	Temperatura

1. INTRODUCCIÓN.

La Creciente industrialización obliga a planear un desarrollo de acuerdo con el entorno natural, es decir crecer sin menoscabo de la calidad de vida de todos aquellos que nos rodean. Para ello se han venido desarrollando sistemas para el control de los desechos generados por las industrias. Dentro de los procesos de implementación en sistemas que implican un manejo de los residuos generados en los procesos industriales, existen dos tipos de perspectivas:

Control del residuo al final del proceso, o fin de tubo, que involucra la recolección de los desechos generados e instalación de un sistema de tratamiento global de dichos contaminantes, y

Prevención de la generación de residuos, reducción en la fuente generadora de residuos y reciclamiento dentro de planta, que comprende desde el evitar generar los residuos, la *minimización* de la fuente que origina los residuos, la reingeniería del proceso y el establecimiento de líneas de tratamientos altamente específicos de acuerdo al origen del residuo.

Actualmente el enfoque mundial para atacar los problemas ambientales es del tipo fin de tubo, en el que se invierten muchos recursos, tanto humanos como económicos, y simplemente se trata de remediar el daño causado por la emisión de desechos, pero no se ataca el problema de raíz.

“Mediante la implementación de sistemas de tratamiento dentro de planta se puede lograr una disminución en los costos de tratamiento, haciendo con esto más atractivo a los empresarios el realizar alguna inversión para prevenir el deterioro del medio ambiente, sin que con ello se deban elevar los costos de producción” (Martínez R., 1995)

Uno de los recursos naturales más comúnmente utilizado por las industrias en todo el mundo es el agua, y se requiere de un urgente interés en su preservación. El agua es un recurso agotable. Encontrar métodos eficaces que permitan su óptimo uso en la industria, es una tarea inaplazable.

La industria textil es una de las grandes consumidoras de agua en todo el mundo, y debido a lo señalado anteriormente, es importante reducir al mínimo la cantidad de agua residual generada antes de pensar en la instalación de un sistema de tratamiento. Además cabe señalar que la industria textil, al igual que muchas otras en la actualidad, debe cambiar rápidamente, de acuerdo a las exigencias del mercado. La tendencia internacional es la de producir lotes más pequeños en diferentes colores y en mayor cantidad. Al lograr la reducción de agua residual generada, se puede lograr a la vez hacer más eficiente el proceso de teñido. (Anónimo (1), 1996). Por lo tanto existe la necesidad de desarrollar investigaciones dentro de la industria textil que lleven a disminuir el volumen de agua requerido para el teñido, y que puedan ser implementadas en cualquier industria textil, con las adaptaciones necesarias para su implementación.

El propósito del presente estudio consistió en establecer los lineamientos para llevar a cabo la optimización en el consumo de agua en el departamento de tintorería de una empresa textil, teniendo como escenario la empresa textil A, localizada en Gardena, California, mediante la implementación de medidas que hagan más eficiente el uso del agua dentro de los procesos de blanqueo y de teñido de piezas de poliéster/algodón.

1.1. Objetivo.

El objetivo del presente trabajo de investigación es el analizar el consumo de agua en el pretratamiento (blanqueo) y teñido de telas poliéster/algodón, en máquinas a semicontinuas tipo *jet*, y definir un conjunto de lineamientos que permitan el uso eficiente de agua en estas circunstancias.

1.1.1 Hipótesis.

El uso eficiente del agua utilizada en el teñido de piezas de poliéster/algodón minimiza el volumen de agua residual generada, facilita la reducción de los efectos del vertido de dichas aguas sobre los ecosistemas naturales, disminuye los costos de producción, y hace más amigables con el medio ambiente los productos textiles acabados.

1.2. Metodología y alcance del estudio.

La metodología de investigación seguida, fue como sigue:

- (a) Definición de la situación actual de la empresa A
- (b) Identificación de probables causas que generan lotes mal teñidos
- (c) Identificación de posibles modificaciones en proceso de blanqueo
- (d) Análisis de los datos generados en el proceso, para la determinación de las causas principales causantes de problemas en el teñido
- (e) Desarrollo de pruebas de teñido en el laboratorio
- (f) Modificación del procedimiento de blanqueo
- (g) Análisis y comparación de resultados obtenidos. Preparación de conclusiones y recomendaciones basadas en la comparación de resultados.

En el estudio se investigaron las causas de la generación de lotes mal teñidos y se trata de dar una explicación lógica a cada una de ellos, en base a la información analizada. Además se definen los parámetros que deben ser modificados en el procedimiento de teñido en el laboratorio para obtener la reproducibilidad de formulaciones de teñido entre el laboratorio y la producción. En cuanto al blanqueo se describe la forma de modificación del proceso para el ahorro de agua.

2. GENERALIDADES.

2.1 Situación problemática

En la actualidad existe una gran preocupación a nivel mundial por mantener y cuidar nuestro medio ambiente. La implementación de medidas respectivas a la prevención y control de la contaminación es definitiva para poder preservar nuestros recursos naturales y de esta forma mantener un buen nivel de calidad de vida en todos los ecosistemas.

“El único camino para resolver los problemas ambientales, consiste en atacarlos en forma conjunta, y no por separado, no podemos disminuir la contaminación en el aire a costa de aumentar nuestros residuos, o ensuciar nuestras aguas. Tampoco podemos concentrarnos en soluciones para remediar daños, debemos prevenir, actuar al comienzo de cada proceso para evitar que éste siga poniendo en riesgo el universo que conocemos” (Cárdenas L. (1), 1994)

Casi toda empresa que utiliza recursos naturales para la generación de bienes y/o servicios, reconoce actualmente que lidiar con las crecientes preocupaciones ambientales que se presentan en el ámbito productivo representa no sólo un dolor de cabeza sino un agujero en el bolsillo, pues los costos para alcanzar el cumplimiento de la legislación y satisfacción de las partes interesadas (ecologistas, vecinos, etc) han dejado de ser no-significativas para afectar directamente el presupuesto de las organizaciones.(Cárdenas L. (2), 1996)

“Dentro de las industrias que son grandes consumidoras de agua se encuentran las textiles. El departamento de tintorería de una empresa textil consume altos volúmenes de agua, debido al proceso mismo de teñido, en el que se requiere de agua dulce continuamente para procesar un lote” (Tovar R., 1996)

La generación de desechos en los efluentes de la industria textil es variada, depende de los procesos productivos, tipo de fibras y productos anexos para sus fases de pretratamiento, teñido y otras. Los procesos convencionales de tratamiento de aguas, como los fisicoquímicos (sedimentación y flotación), biológicos en sus diversas alternativas, así como la filtración con arena, antracita o carbón activado, permiten la reducción de prácticamente todos los parámetros (demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales, color, etc.) excepto los valores de conductividad que se mantienen elevados. Esto obliga a recurrir a procesos de tratamiento terciarios, como la ósmosis inversa, ya que el contenido de sales induce la corrosión de equipos e incrustación en tuberías, y crea conflictos en los procesos textiles, en la textura y variación en color de las telas (Tovar R., 1996).

Los tratamientos de tipo terciarios, son altamente especializados y por lo mismo el costo inherente al tratamiento es muy elevado. Por lo que muchas industrias textiles en el mundo han preferido cambiar su lugar de residencia a algún otro país en donde la regulación ambiental sea menos estricta. Esto en vez de evitar el consumo excesivo de agua o al menos cumplir con la normatividad local en la materia.(Gross, E., 1996)

En el ramo textil, muchas industrias en el afán de cumplir con la normatividad vigente en materia de agua, invirtieron grandes sumas en la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales(Elliott, E. J. (1), 1996). Pero los costos por mantenimiento y operación de dichos sistemas de tratamiento son muy elevados y en muchos de los casos las industrias dejaron de producir lo suficiente para poder mantener el sistema de tratamiento de aguas residuales y tuvieron que cerrar.

Un ejemplo de ello, se representa en el estudio que se realizó en las empresas textiles, localizadas en los Estados Unidos de América, en donde se encontró lo siguiente:

Tabla 2.1
Costo de los residuos generados por la industria textil ⁽¹⁾

AGUA:	El consumo anual de agua es 503.4 millones de metros cúbicos a un costo de \$66.5 millones de dólares y 200.6 millones de metros cúbicos se tratan a un costo de \$79,500 millones de dólares.
SAL:	337 millones de kilos de sal son consumidas y regresadas al ambiente porque no existen métodos viables de recuperación.
DESECHOS FIBROSOS:	108 millones de kilos de desechos fibroso se generan anualmente simplemente en el tejido de punto - costando a la industria \$474 millones de dólares.
COLORANTES:	Aproximadamente 30% de los colorantes reactivos son descargados en las aguas residuales debido a ineficiencias de proceso. En 1994, el valor de esta tintura era aproximadamente \$66 millones de dólares.

(1) Fuente: Herris P., 1996.

Existen empresas que han sido exitosas al evitar el tratamiento de sus residuos al final del proceso, y por analizar las líneas de materiales, productos, subproductos y desechos del proceso textil, de manera que determinan cuales son más receptivas al tratamiento. Al hacer esto, el volumen de líquidos se minimiza permitiendo la aplicación de muchas tecnologías con atractivos reembolsos. (Elliott, E. J. (2), 1997)

Por lo tanto existe un problema de uso eficiente de recursos naturales, entre los cuales el problema del uso irracional del agua es de los más importantes, debido al decreciente volumen de agua dulce en el mundo. Además los métodos de tratamiento que existen actualmente tienen altos costos de inversión, la mayoría de ellos generan problemas colaterales, y ya que no se tiene la cultura de minimización, y el agua tratada, en muchos de

los casos, es manejada como desecho sin obtenerse ningún beneficio de ello. La industria textil es una de las grandes consumidoras de agua en el mundo y se ha visto afectada por los altos costos de tratamiento de sus residuos.

Entonces es necesario hacer uso más eficiente de recursos naturales en la fabricación de productos textiles, con una dramática reducción en los impactos ambientales y desechos generados y esto se puede lograr desarrollando nuevos procesos, que a su vez logren disminuir el costo teñido y acabado de textiles, y reducir el tiempo de proceso; obteniéndose con ello un doble beneficio.

2.2 El agua, un recurso natural agotable

El agua es un constituyente distintivo de la tierra. Dio inicio a la etapa de la evolución de la vida y es un ingrediente esencial de toda la vida, puede considerarse el máspreciado recurso que la tierra provee al género humano. Uno podría suponer por lo tanto que los seres humanos serían respetuosos de agua, que ellos buscarían el mantener sus depósitos naturales y salvaguardar su pureza. Esto no ha sido así, puesto que personas en países en todo el mundo han sido notablemente ciegos y negligentes a este respecto. Desde luego, el futuro de las especies humanas y muchos otros seres vivos esta comprometido a menos que existan esfuerzos importantes en la gestión del recurso del agua en tierra.

Toda el agua dulce en lagos, ríos y mares del mundo representa menos del 0.1 por ciento de la reserva total del agua en la tierra. Afortunadamente, esta fuente de agua dulce es continuamente reabastecida por la precipitación del vapor de agua desde la

atmósfera como lluvia o nieve. Desafortunadamente, mucha de esa precipitación se contamina en el camino hacia abajo por gases y partículas que la actividad humana introduce en la atmósfera.(Maurits La Rivière J. W., 1990)

El agua dulce escorre desde la tierra y de esta manera llega al océano con partículas y materia disuelta - detrito natural y desechos de la sociedad humana. Cuando la densidad de población en el área de influencia es baja, los desechos en el agua puede ser degradados por microorganismos, a través del proceso conocido como autopurificación natural.

Cuando excede, sin embargo, grandes cantidades de estas sustancias de desechos se acumulan en los océanos, donde pueden dañar la vida acuática. El agua misma se evapora y entra en la atmósfera como vapor de agua puro. Mucha de ella regresa al océano, y la que cae sobre la tierra es el precioso recurso renovable del cual depende la vida terrestre.

El Instituto de Recursos del Mundo estima que 41,000 kilómetros cúbicos de agua por año vuelven al mar desde la tierra, para balancear esto, el vapor atmosférico se transporta desde el mar hacia la tierra. Cerca de 27,000 kilómetros cúbicos, sin embargo regresan al mar como escurrimiento, los cuales no pueden explotarse, y otros 5,000 kilómetros cúbicos fluyen desde el mar hacia áreas inhabitadas. De los 41,000 kilómetros cúbicos que regresan al mar cierta cantidad que se retiene sobre la tierra, es absorbido por la vegetación, pero la cantidad precisa no es conocida. (Maurits La Rivière J. W., 1990)

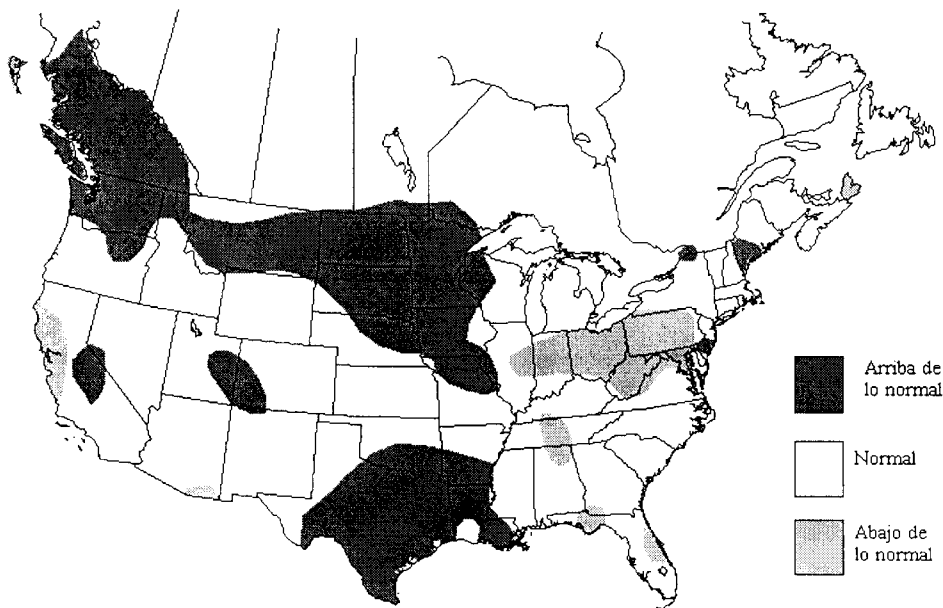
Este ciclo deja globalmente cerca de 9,000 kilómetros cúbicos fácilmente disponibles para la explotación humana globalmente; que es un abastecimiento abundante de agua, en principio suficiente para mantener 20 billones de personas. Aún así, tanto la población mundial como el agua útil, se distribuyen irregularmente, la disponibilidad local

de agua varía ampliamente. Cuando el balance entre la evaporación y la precipitación no se cumpla, se podrán identificar los países pobres en agua y los países ricos en agua. Islandia, por ejemplo, tiene suficiente exceso de precipitación para proveer 68,500 metros cúbicos de agua por persona al año. Los habitantes de Bahrein, por otra parte, no tienen virtualmente acceso de agua dulce natural; ellos son dependientes de la desalinización de agua de mar. Además, la tasa de uso por persona difiere ampliamente de un país a otro; el promedio anual por residente de E.U.A., es de más de 70 veces mayor que el promedio de consumo de un residente de Ghana. (Maurits La Rivière J. W., 1990).

El estado de California, en los Estados Unidos de América, así como muchos otros lugares en el mundo, es una zona que tiene problemas de escasez de agua y excesivo consumo de la misma, (U.S. Geological Survey, 1997), por lo que un estudio de uso eficiente de agua realizado en una zona con estas características, es un caso muy ilustrativo de la necesidad actual de la implementación de este tipo de programas.

Fig. 2.1

Disponibilidad de agua en Estados Unidos de América. Abril de 1997.



2.3. La industria Textil

El alimento alojamiento y vestido son necesidades básicas del hombre. Todas las prendas de vestir están fabricadas de textiles y los alojamientos se hacen más cómodos y atractivos por el uso de estos materiales.

Cada individuo está rodeado por textiles, desde su nacimiento hasta su muerte, camina sobre productos textiles o se viste con ellos; se sienta en sillas y sofás cubiertos de tela; se duerme sobre telas y debajo de ellas, los textiles secan o mantienen seco al individuo, le ayuda a estar caliente o lo protegen del sol, el fuego o la infección.

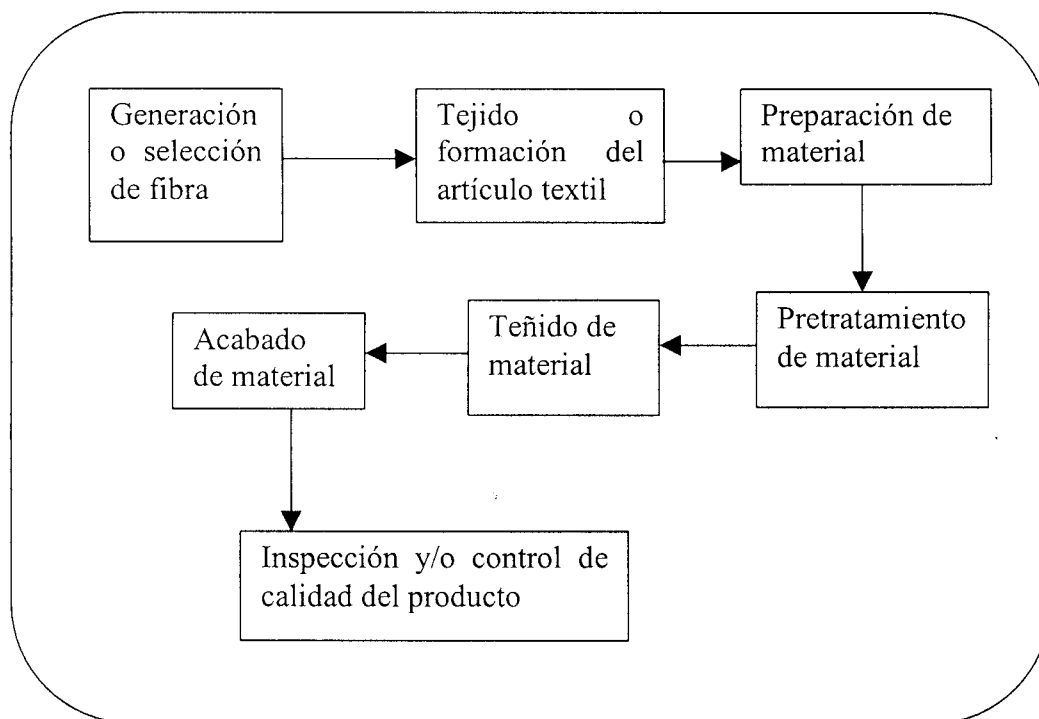
En este siglo, se han desarrollado fibras artificiales y se crearon hilos con textura modificada; además de nuevos métodos de fabricación de telas y se incrementó la producción de tejidos de punto; se desarrollaron muchos acabados y la producción textil se hizo compleja estableciéndose nuevos sistemas de comercialización (Cámara Textil Mexicana, 1993). Aunque también con el incremento en la producción, se incrementaron los problemas ambientales relacionados con la fabricación de textiles.

2.3.1. El proceso de fabricación de textiles.

Para la fabricación de textiles se deben llevar a cabo diferentes operaciones y etapas. Las etapas del proceso pueden diferir en orden entre una empresa y otra, pero todas ellas son necesarias para la generación de productos textiles. A continuación se presenta un diagrama con las operaciones básicas que se llevan a cabo en la industria textil.

Fig. 2.2

Procesos dentro de la industria textil ⁽¹⁾



(1) Fuente Cámara Textil Mexicana

El pretratamiento de materiales y el teñido, son los temas tratados en esta investigación, por lo que se hace una descripción detallada de estas dos etapas.

2.3.2. Pretratamiento de materiales.

Esta etapa es fundamental para llevar a cabo el teñido de materiales, puesto que en ella se prepara el material, para absorber la mayor cantidad de colorante posible. Durante las etapas anteriores al teñido del material, se añaden productos químicos para proteger las fibras y evitar la desfilamentación durante el tejido. Estos productos deben ser removidos antes del teñido.

Además en el pretratamiento de las fibras, se verifican ciertas propiedades físicas del material, necesarias para la absorción de colorantes. Algunas de estas propiedades son: humectación del material, potencial de hidrógeno, absorbencia del material, cantidad de gomas o encolantes (ver glosario), etc.

Los procesos que se llevan a cabo en esta etapa son descruce y blanqueo, que son similares entre sí pero con diferentes resultados. Se puede llevar a cabo solo el descruce del material, o bien el descruce y blanqueo del material. En el descruce de materiales, únicamente se eliminan los químicos que se encuentran adheridos a las fibras y se elimina la suciedad o manchas que puedan encontrarse en el material, y se incrementan las propiedades físicas de la tela como son humectación y absorbencia. En cambio en el blanqueo del material se eliminan las impurezas que se encuentran en las fibras, y el material adquiere una coloración blanca. El blanqueo se utiliza principalmente para tonalidades claras y medias (ver glosario) y para colores blancos.

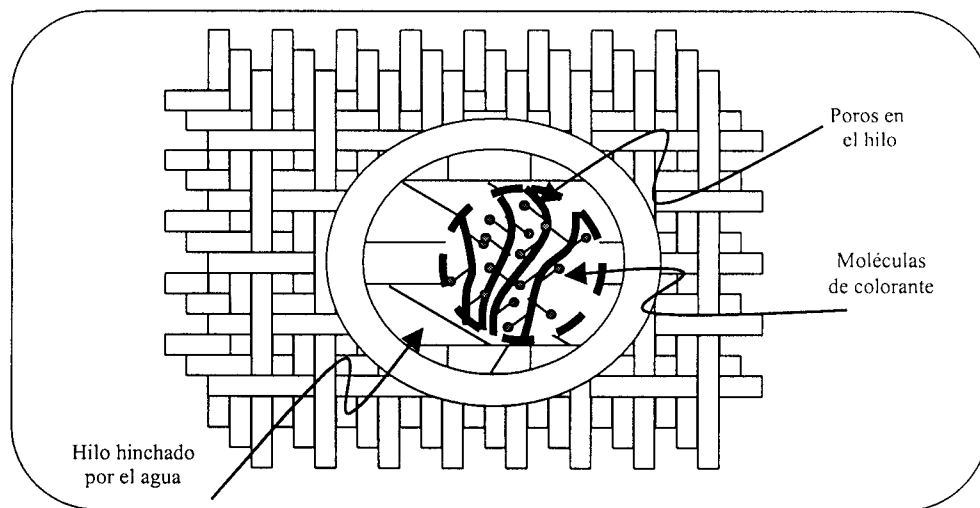
Ambos procesos se llevan a cabo con la adición de sustancias químicas, necesarias para la eliminación de impurezas, además de surfactantes y humectantes. El material se sumerge en un baño de agua, al que se añaden los productos químicos. Se eleva la temperatura del baño, generalmente a un valor cercano al de ebullición, aunque este valor puede variar de acuerdo a la sensibilidad de las fibras y/o productos químicos. La alta temperatura se mantiene durante un cierto tiempo, el necesario para eliminar las impurezas del material. El siguiente paso es enfriar el baño, y hacer varios enjuagues del material, para eliminar el exceso de productos químicos que se agregaron al baño del pretratamiento.

2.3.3. Teñido de materiales textiles

De acuerdo a la Cámara Textil Mexicana el teñido tiene como finalidad dar a las fibras, hilos o telas, un color diferente del original, pasándolos por una solución coloreada que tiñe al material. Para lograr esto se requiere de un colorante, sustancia empleada para teñir la fibra, y agua, que es el medio que se utiliza para que el colorante se introduzca en la fibra además de causar el hinchamiento de la misma, con lo que se facilita el teñido. Lo anterior se realiza disolviendo el colorante en agua, ya que en esta forma la molécula del colorante puede introducirse en los poros o grietas de la fibra (Fig. 2.3), siempre y cuando las moléculas sean del tamaño adecuado.

Fig. 2.3

Penetración del colorante en los hilos que forman el tejido ⁽¹⁾

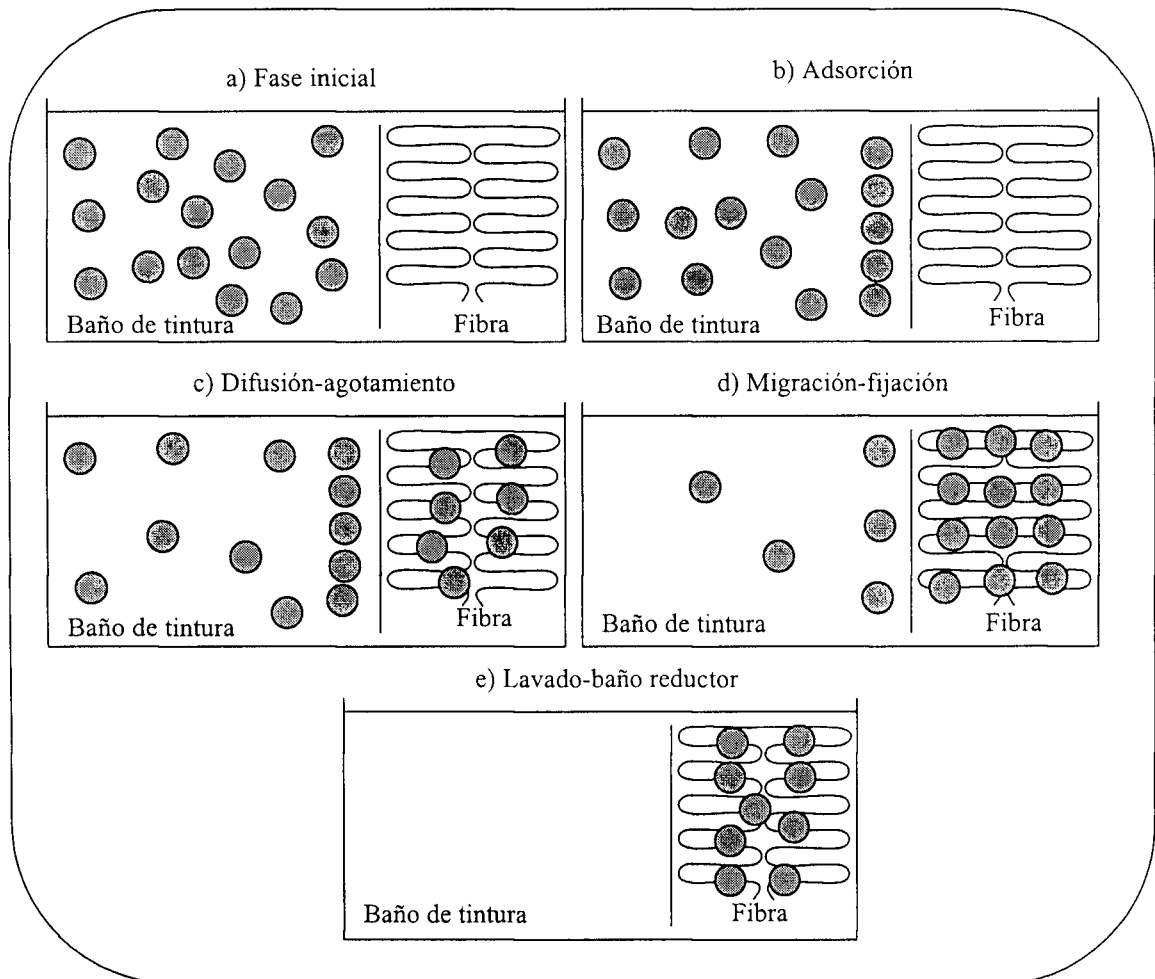


(1) Fuente Cámara Textil Mexicana

Las etapas que se llevan a cabo para el teñido son las siguientes: adsorción, difusión-agotamiento y/o reacción, fijación-migración, lavado-reducción. Al inicio del proceso, se disuelve el colorante en agua, y se calienta el baño de tintura, para alcanzar

la siguiente etapa, en la que el colorante se difunde hacia la superficie de la fibra y se inicia el agotamiento del colorante en el baño de tintura. Algunos colorantes reaccionan con la fibra y en esta etapa es cuando se lleva a cabo este proceso. En la siguiente etapa, el colorante migra hacia el interior de las fibras, y se lleva a cabo la fijación del colorante en la fibra. Al finalizar esta etapa, se enfría el baño, y se realizan los enjuagues, ya sea solamente con agua o con algunos químicos auxiliares, dependiendo del tipo de fibras y colorantes utilizados. El lavado de la fibra tiene como finalidad el remover el exceso de colorante que no se encuentra fijado en la tela, ya que este puede proporcionarle mala solidez de colorante al material, y formar manchas en etapas posteriores del proceso.

Fig. 2.4
Etapas de teñido ⁽¹⁾



(1) Fuente: Burlington Chemical, Ameritex (1997)

Existen dos tipos de sistemas de teñido, de acuerdo a la maquinaria utilizada, continuo y discontinuo. En el sistema continuo el volumen de agua utilizado es menor y el proceso se lleva a cabo en una misma máquina que cuenta con distintas secciones para cada una de las etapas del proceso. En el sistema discontinuo, todas las etapas se procesan en la misma máquina, una después de otra, esto es por lotes. En el sistema discontinuo, el volumen de agua utilizado es mayor, debido a que, al finalizar cada operación, el agua contenida dentro de la máquina debe ser descargada, y se debe llenarse nuevamente con agua limpia para la siguiente etapa.

Esta investigación está referida a sistema discontinuo de teñido, por lo que en adelante, al hacer referencia a teñido, debe darse por entendido que se trata de teñido por lotes o sistema discontinuo de teñido.

2.3.3.1. Tintura de fibras de poliéster.

Los únicos colorantes que tienen cierta afinidad por las fibras de poliéster son aquellos que pueden ser aplicados a partir de una solución acuosa, o bien con un proceso de calor seco. Estos colorantes son conocidos como dispersos, de molécula grande, (Camara Textil Mexicana, 1993).

Las moléculas del poliéster están unidas por fuerzas relativamente fuertes, para que la molécula de colorante pueda penetrar, debe vencer estas fuerzas. La energía necesaria está suministrada por la atracción que los centros activos de la fibra ejercen sobre la molécula de colorante. Para penetrar más profundamente, la molécula debe dejar la primera unión y llegar a la segunda, la velocidad a la que se lleva a cabo esta migración

dependerá principalmente de la firmeza de la unión colorante/fibra, y del tamaño de la molécula.

Para aumentar la velocidad de difusión, es necesario aumentar la energía cinética, lo cual se consigue con la temperatura, y también con el uso de productos auxiliares que impulsan el colorante hacia la fibra, llamados transportadores (*carriers*), la absorción de los colorantes es afectada por estos últimos, y la velocidad de difusión depende principalmente de la temperatura. En consecuencia, la tintura de poliéster debe ser llevada a la temperatura más alta posible, (Camara Textil Mexicana, 1993).

2.3.3.1.1. Tintura de poliéster a alta presión.

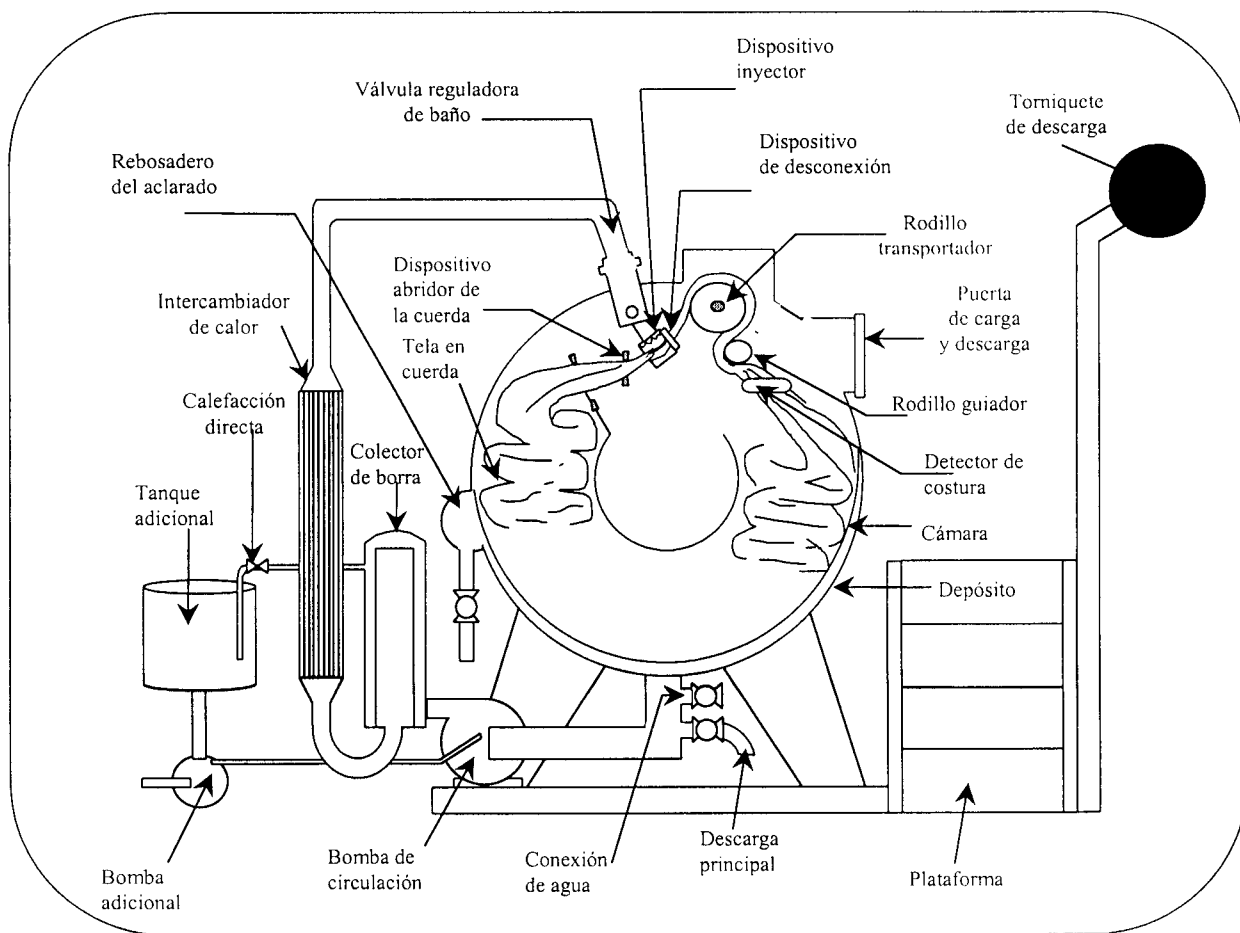
Este tipo de tintura tiene las siguientes ventajas: disminuye el tiempo de tintura, no se requiere de transportadores (*carriers*), y se obtiene mejor solidez del colorante en el textil.

El proceso se lleva a cabo a una temperatura de 130°C durante aproximadamente 30min. Para lograr llevar el baño de tintura a esta temperatura se utilizan máquinas de teñido conocidas como *Jet*, especiales para el teñido a altas temperaturas, en cuerda y a lo ancho del textil. El recipiente interno de la máquina está cerrado y la presión que se alcanza en este punto es mayor a la atmosférica, y solo la necesaria para alcanzar la temperatura de 130°C.

A continuación se presenta un diagrama descriptivo de una máquina de teñido discontinuo, que puede ser usada para teñir piezas de poliéster a alta temperatura.

Fig. 2.5

Maquina semicontinua de teñido (*jet*)⁽¹⁾



(1) Fuente Cámara Textil Mexicana

2.3.3.2. Tintura de fibras de algodón.

Según Fessenden y Fessenden, (1983), la tinción de algodón (celulosa) es relativamente mucho más fácil que la del poliéster puesto que los enlaces de hidrógeno que existen entre los grupos oxhidrilo de las unidades de glucosa y los grupos de moléculas de colorante, fijan este último a la tela.

El teñido de telas de algodón puede ser realizado a temperaturas entre los 60 y los 80°C, con colorantes de distintos tipos: directos, reactivos, indanthrenos, a la cuba.

Puesto que el algodón es una fibra natural, no se puede tener control de las fibras, como en aquellas que son fabricadas por el hombre. Debido a ello la solidez que se tiene en este tipo de fibra, varía de acuerdo al tipo de colorante utilizado. Si se requiere obtener una buena solidez, entonces se deben usar colorantes reactivos, para los cuales se requiere un proceso especial.

Los colorantes reactivos pueden ser teñidos en frío (60°C) o en caliente (80°C), de acuerdo a la composición química de los mismos. El proceso de teñido varía además para los colorantes reactivos fríos y calientes, en los productos químicos auxiliares utilizados para la fijación del colorante a la fibra (Camara Textil Mexicana, 1993).

2.4. Impacto de la industria textil en el ambiente.

Dentro del proceso de pretratamiento y teñido de textiles, se involucran por lo menos ocho cambios completos de agua, y una o más adiciones de tinturas, así como de blanqueadores, y otros químicos. Lo anterior representa un grave problema ambiental, puesto que se requiere de un volumen grande de agua disponible para los procesos de teñido, enjuague y blanqueado. Además de que el proceso se lleva a cabo a temperaturas que van desde los 60°C hasta los 130°C, el efluente generado por este tipo de industria es excesivamente caliente, lo que provoca también un desperdicio de energía calorífica excedente (Elliott, E. J. (2), 1997). Los químicos, colorantes y blanqueadores provocan una demanda bioquímica de oxígeno elevada en el efluente, además de un uso ineficiente de todos estos productos.

Las empresas textiles encaran la continua tarea de minimizar los contaminantes descargados en las aguas. En particular, los procesos de teñido de telas de algodón 100% y las mezclas de algodón con otras fibras, genera una gran cantidad de sales no biodegradables y color en el efluente. Los procesos actuales para eliminar estos contaminantes son muy difíciles y costosos, (Herris P., 1996)

Para lograr la minimización en el consumo de agua en una tintorería es importante tomar en cuenta todos y cada uno de los parámetros que influyen dentro del proceso de teñido, como son: tiempos de teñido, tiempos de calentamiento y enfriamiento, cantidad de agua requerida por unidad de peso de textil (relación de baño), cantidad de líquido absorbida por el textil, etc. Lo anterior significa involucrarse en el proceso de teñido, y hacer que éste sea más eficiente, para en con ello disminuir el consumo de agua.

Si se realiza una evaluación exhaustiva del proceso de teñido, se pueden localizar y atacar puntos de oportunidad para la prevención de la contaminación, con importantes beneficios ambientales y económicos para la empresa. Muchas de las recomendaciones pueden implementarse sin capital de la inversión, como son aquellos que involucran el cambio en prácticas comunes dentro del proceso de operación. Adicionalmente, muchos de estos cambios pueden implementarse inmediatamente, y más aún no son dependientes uno de otro para proyectar su inicio, (Herold J. P. and Herold E.L., 1996).

En la actualidad se han realizado estudios en el campo textil, tanto para hacer más eficiente el proceso de teñido así como para la implementación de programas de *minimización* en la generación de residuos (Smith B. (1), 1990).

Dentro de las investigaciones relacionadas con la eficiencia del teñido, se han implementado múltiples aplicaciones de paquetes de cómputo especializados en la medición de la concentración de colorantes y químicos en el baño de teñido para conocer el punto máximo de agotamiento.

En cuanto a la reducción de residuos generados, se han caracterizado los efluentes y determinado cuales son susceptibles de ser reusados o recirculados, para reducir el consumo de agua y el volumen de químicos descargados en el efluente. Esto es lo que han venido realizando Herold y Herold, (1996) en diferentes plantas textiles en todo el mundo.

El presente trabajo de investigación, está enfocado en aquellos parámetros que son causantes del consumo extra de agua durante el blanqueo y el teñido de materiales.

3. METODOLOGÍA Y SELECCIÓN DEL UNIVERSO DE PRUEBA

3.1 Metodología

Para incrementar el número de lotes teñidos BPV, es necesario realizar cambios en el procedimiento de tintura. Deben realizarse cambios estratégicos, esto es, solo en aquellos parámetros que contribuyen a la generación de lotes reprocesados o con adiciones de colorante. El estudio se enfoca en la búsqueda de estos parámetros.

Antes de iniciar el estudio, se realizó una auditoría interna del proceso para conocer el estado actual de la empresa. Además se hizo la selección del universo de la maquinaria en el que se basa el estudio.

Se dividieron en tres grupos principales los parámetros estudiados. El primero de ellos basado en el sistema de servicios principales de la planta (agua caliente y fría, y vapor), puesto que son indispensables para llevar a cabo el proceso de teñido. El segundo es la maquinaria utilizada, los problemas que se tienen durante el ciclo de teñido y las causas que los generan. El tercer grupo es la reproducibilidad de formulaciones entre el laboratorio y la planta productiva.

En cuanto a pretratamiento, se revisaron los procedimientos de blanqueo, y los enjuagues que se llevan a cabo durante el proceso, para realizar cambios en el procedimiento.

En los puntos subsecuentes, describen los procedimientos seguidos para cada uno de los puntos tratados y se muestran los resultados obtenidos para los parámetros estudiados.

3.2 Lotes teñidos bien a la primera vez. Análisis estadístico.

La coloración controlada es un método para incrementar la competitividad através de la aplicación del control total de calidad y uso de principios científicos en el área de teñido, para lograr obtener teñidas bien a la primera vez (BPV). El beneficio más tangible del teñido BPV es financiero, através de disminución de costos por lote y el incremento de la productividad. Sin embargo existen otros beneficios de teñido BPV que no deben olvidarse. Ejemplo de ellos son el mejor servicio que se proporciona al cliente entregando material más rápido y con gran certeza de entregas a tiempo. La reducción en reprocesos incrementa la calidad, las fibras son menos dañadas y la apariencia de la superficie se mejora. Los beneficios ambientales se incrementan de manera importante. La empresa textil que logra obtener lotes de tela teñidos BPV, ciertamente puede argumentar a legisladores y/o consumidores que su producto es más limpio, con reducciones substanciales en consumo de agua, energía, uso de químicos y cargas de contaminantes en el efluente descargado.

Para lograr incrementar el número de lotes teñidos BPV, es necesario conocer el estado actual de la empresa, esto es, se debe realizar una auditoría interna para conocer el porcentaje de lotes que se procesan BPV. Una vez realizado esto, es posible comenzar a trabajar en aquellos puntos que requieran mejoras.

Con este objetivo se realizó la preevaluación del proceso, con el análisis estadístico de la tintorería de la empresa A. Se colectó la información generada, correspondiente a la producción del periodo comprendido entre Diciembre 1996 y Junio 1997; incluyendo los siguientes criterios de evaluación:

Número de lote, que es el número de identificación interna del material, peso y clase.

Número de proceso, número de identificación interna del proceso, que define la máquina de teñido, la formulación utilizada, etc.

Peso del material, en Kg de la tela procesada.

Tiempo de proceso, en horas, define la duración total del proceso de teñido.

Volumen de agua, utilizado durante el proceso de teñido en galones.

Color de la teñida, nombre y número del color.

Número de adiciones de colorante, cuando fueron necesarias para obtener el tono deseado.

Reproceso o proceso normal, aquellos lotes procesados una sola vez son considerados procesos normales, y aquellos procesados más de una vez se consideraron reprocesos.

Con el manejo de los datos, se puede generar información valiosa, como: el porcentaje de lotes teñidos BPV, el número de adiciones de colorante en aquellos lotes que lo requieren y número de reprocesos; además de los consumo de agua por lote procesado.

3.2.1. Definición de lotes teñidos BPV, lotes con adiciones de colorante y lotes reprocesados.

Los lotes que se consideraron teñidos BPV, son aquellos en los que no se realizaron adiciones de colorante durante el proceso normal de teñido, y que además no son considerados reprocesos. En cuanto a las adiciones de colorante se consideraron todas

aquellas que se realizaron, antes de obtener el color deseado, y que fueron realizadas durante el primer proceso de tintura (proceso normal de teñido).

Como lotes reprocesados, se cuantificaron aquellos lotes que fueron procesados por completo una vez, no se obtuvo el color deseado y hubo necesidad de realizar el proceso completo una vez más. En esta categoría existen dos clases diferentes, lotes reprocesados con eliminación de colorante previo a la segunda tintura, y lotes con segunda tintura únicamente, pero no se realizó distinción entre ellos al momento de cuantificarlos.

A continuación se presentan los resultados obtenidos de este análisis estadístico.

Tabla 3.1

Panorama de operaciones de teñido en la empresa A, Diciembre 1996-Junio 1997.

Descripción	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Total de lotes teñidos ⁽¹⁾	250	322	292	335	391	448	410
BPV	117	236	212	210	299	383	322
Lotes con 1 adición	87	51	48	63	54	34	37
Lotes con 2 adiciones	10	11	16	32	10	16	14
Lotes con 3 adiciones	1	6	6	10	5	4	4
Lotes con 4 adiciones	1	4	0	0	6	1	2
Lotes con 5 adiciones	0	1	1	3	0	1	0
Lotes con 6 adiciones	0	0	0	0	1	2	0
Lotes reprocesados	34	13	9	17	16	7	31

⁽¹⁾ Solo son considerados aquellos lotes en los que se realiza teñido. Aquellos lotes en los que se realiza únicamente un proceso de blanqueo, blanqueo óptico, descrude o lavado fueron considerados.

En la Tabla 3.1 se muestra como a través de los meses el número de adiciones tiene variaciones, aunque se puede decir que la tendencia es hacia la disminución de las mismas. La variación en el volumen de lotes procesados, no tiene influencia directa en la generación de lotes teñidos BPV, lotes con adiciones o lotes reprocesados.

Se tiene en operación un nuevo sistema automático para selección y pesaje de colorantes, a partir del 24 de junio. Con este sistema se selecciona mediante un teclado el (o los) colorante(s) requeridos y se realiza el pesaje de manera automatizada, por lo que el operador únicamente tiene que programar la cantidad requerida de colorante y recibir el paquete pesado al final del sistema. Con esto reducen los errores de pesaje. Debido al uso de este sistema, ciertos colores ahora son teñidos “directamente”, esto es sin tomar muestra antes de descargar el material de la máquina de teñido. Si el material se encuentra fuera de tono, no se realizaron adiciones pero la tela debe ir nuevamente a la máquina, ahora como un lote para reprocesar (esto explica el alto porcentaje de reprocesos en junio, 1997).

3.2.2. Relación de lotes con adiciones de colorante.

Para obtener una idea clara de las adiciones de colorante que se realizan, se decidió obtener la relación entre el número total de lotes procesados y el número total de adiciones. Como número total de adiciones se consideró, el valor unitario de cada una de las adiciones, esto es si se tienen 3 lotes con 3 adiciones, se consideró un total de 9 adiciones. Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 3.2

Lotes con adiciones de colorante

Adiciones	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Total de lotes teñidos con adiciones	99	73	71	108	76	58	57
Total de adiciones	114	112	103	172	119	99	85
Relacion: Total de adiciones/lotes teñidos con adiciones	1.15	1.53	1.45	1.59	1.57	1.71	1.49

En la Tabla 3.2, se puede observar que en promedio se tienen 1.5 adiciones en aquellos lotes que requieren algún ajuste de tono. En otras palabras, de cada dos lotes con adiciones de colorante, uno de ellos requirió dos adiciones.

3.2.3. Relación en porcentaje de lotes bien teñidos a la primera vez.

Una moderna y competitiva área de teñido debe tener una relación en porcentaje, de lotes BPV, lotes procesados que son aceptados comparados con el total de lotes procesados, de al menos 85% (Cunningham, A.D. 1997). La Tabla 3.3 muestra que actualmente el área de tintorería está abajo de este criterio, con un valor en promedio del 71%. En algunos meses este porcentaje es aún más bajo (e.g. diciembre, 47% BPV).

Tabla 3.3

Lotes teñidos BPV

BPV	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Total de lotes teñidos	250	322	292	335	391	448	410
Total de lotes BPV	117	236	212	210	299	383	322
Relacion: Total de lotes teñidos BPV/ Total lotes teñidos	0.47	0.73	0.73	0.63	0.76	0.85	0.79

3.2.4. Volumen de agua consumido.

Desde una perspectiva ambiental, si se tiene un lote con adiciones o que es reprocesado el consumo de agua, energía y químicos se incrementan. El consumo promedio de agua por mes es de 5,568,403 gal, el volumen usado para reprocesos es alrededor de 1,200,000 gal por mes y el volumen utilizado para adiciones es aproximadamente 10,000 gal por mes (Tabla 3.4). Esto es, cerca del 22% del consumo de agua por mes es utilizado para reprocesar lotes o para realizar adiciones de colorantes y químicos en aquellos lotes que lo requieren.

Antes de pensar en medidas como reciclaje de agua o minimización en el agua de enjuagues, se debe maximizar la producción de lotes procesados bien a la primera vez (BPV), si se quiere eficientar el consumo del agua.

Tabla 3.4

Consumo de agua

Consumo de agua	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Total de lotes teñidos	250	322	292	335	391	448	410
Consumo total, gal	4,770,265	5,831,654	3,895,172	5,417,395	5,389,109	6,806,508	6,868,715
Consumo de agua por lote, gal/lote	19,081	18,111	13,340	16,171	13,783	15,193	16,753

El consumo de agua por lote, no está directamente relacionado con el volumen de lotes procesados o con la relación de lotes teñidos BPV, o alguna otra de las relaciones antes mencionadas.

Esto es debido a que se procesan distintos materiales en la empresa A, y el volumen de agua requerido para procesar una misma cantidad de poliéster 100% no es la misma que para procesar la misma cantidad de material pero de composición algodón 100%.

Sin embargo se puede observar que, en aquellos meses en que se tiene una relación baja de lotes teñidos BPV, el consumo de agua es elevado (e.g. diciembre).

Con los resultados obtenidos del análisis estadístico, es claro que:

Se tiene un bajo porcentaje de lotes teñidos BPV, comparado con el estándar manejado internacionalmente. Se deben evitar las adiciones de colorante y reprocesos, para incrementar esta relación y disminuir los consumos de agua que actualmente se tienen.

3.3 Definición del universo de prueba. Selección de la maquinaria.

La empresa A emplea cuatro diferentes tipos de maquinaria. Cada uno ellos tiene diferentes características de teñido, por lo que las mejoras implementadas en una máquina no necesariamente se podrán aplicar en todas. Para obtener resultados aplicables a corto plazo de esta tesis se decidió enfocar el estudio en dos máquinas de marca *Then*, una con cuatro puertos, máquina no. 8, y otra con dos puertos, máquina no. 3, (ver glosario). Este tipo de maquinaria es de las más modernas con que cuenta la empresa A.

Tabla 3.5

Lotes teñidos por máquina

Máquina #	Modelo-marca	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total de lotes teñidos por máquina
1	6P - GC	19	31	16	33	24	47	41	211
2	3P - GC	31	15	35	35	37	47	44	244
3	2P - Then	72	75	80	56	78	77	78	516
4	3P - GC	21	34	32	35	43	37	46	248
5	3P - GC	32	30	37	26	31	41	22	219
6	3P - GC	30	25	25	29	27	32	33	201
8	2P - Then	40	47	35	68	59	70	62	381
14	6P - Thies	31	31	34	27	33	35	30	221
16	2P - GC	33	35	35	44	40	53	45	285

Como se puede observar en la Tabla 3.5 anterior, se realiza mayor producción en las máquinas números 3 y 8 (ambas modelo:*Then*). Este tipo de máquinas trabajan con una relación de baño menor, 4.5:1, (las otras máquinas trabajan de 6 a 8:1), y por lo tanto se

requiere de menos energía para incrementar o disminuir la temperatura, y esto contribuye a que sea más rápido el proceso. La rapidez en el teñido es fundamental para cumplir con las exigencias del mercado actual, que demanda lotes pequeños con gran variedad de colores y texturas (Carbonell C. J., Carbonell K. P., González C. A., 1995).

Además se tiene control automatizado durante todo el ciclo de teñido, conocido como AMC-100, que reduce el error humano durante el proceso y facilita la implementación de cambios en el proceso para reducir las adiciones y reprocesos. Este mismo control incluye un software que permite el seguimiento del calentamiento, enfriamiento, velocidad de los rieles guidores de tela, y los problemas que se tienen durante todo el proceso. La meta, en la empresa A, es llegar a tener maquinaria similar en toda la tintorería, esto es automatizar el proceso de teñido en todas las máquinas, debido a que si el proceso no se encuentra automatizado, todo queda en manos del operador, que si bien puede estar bien entrenado para realizar este trabajo, puede realizar variaciones involuntarias entre el procesamiento de un lote y otro, produciendo errores en el teñido. Estas inconsistencias en el proceso, hacen difícil el seguimiento de los problemas clave que se presentan durante el ciclo de teñido, y que deben ser resueltos para incrementar la relación de lotes teñidos BPV; esto debido a que las variantes son muchas. Esta es otra de las razones por las que se decidió enfocar el estudio en las máquinas *Then*.

Debido a lo anteriormente expuesto, los resultados obtenidos del presente estudio tendrán una aplicación a corto, mediano y largo plazo en la tintorería de la empresa A, por lo que el enfoque en las máquinas *Then* es importante.

4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

En esta sección se muestran los resultados obtenidos en cada uno de los puntos tratados durante la investigación y se hace un análisis de los resultados obtenidos en cada punto.

En cuanto al teñido, tres posibles causas de la generación de lotes con adiciones de colorantes y lotes reprocesados, son abordadas en este estudio. La primera de ellas, el sistema de servicios insuficiente, esto es no se tiene la capacidad en la planta para proporcionar vapor y agua necesarias para el proceso, la segunda son las fallas en la maquinaria durante el ciclo de teñido, y la tercera la reproducibilidad entre el laboratorio y la planta no es la adecuada.

Referente al blanqueo de materiales, se presentan las posibilidades de modificaciones durante el ciclo de enjuagues y los resultados de dichas modificaciones.

4.1 Fuente de abastecimiento de vapor y agua.

Funciones básicas dentro del proceso de teñido son el calentamiento, el enfriamiento y los enjuagues del material y el licor de tintura.

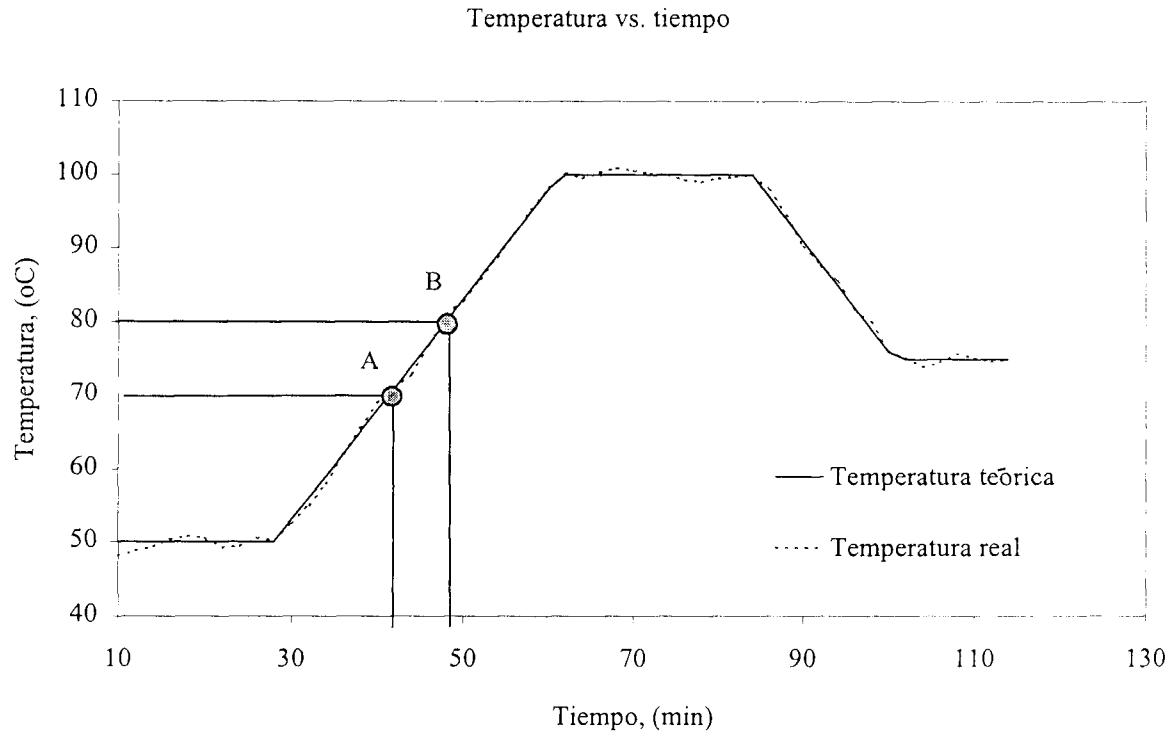
Durante el calentamiento del sistema baño de tintura - substrato, el vapor es indispensable para alcanzar la temperatura a la cual se introduce el colorante en la tela, pero además esto se debe llevar a cabo a cierta velocidad específica, en el que la penetración de colorante en la tela sea la óptima. En cuanto al enfriamiento, la velocidad a la que se lleva a cabo, también es importante, para lograr una fijación adecuada del colorante y evitar dañar las fibras. Los enjuagues de material, en algunos casos requieren de agua caliente para remover el exceso de colorante que no fue absorbido por el material.

Si la velocidad de calentamiento y/o enfriamiento no es la misma para lotes y colores similares, se pueden tener diferencias en la coloración obtenida. Por lo tanto el vapor, agua caliente y agua fría, son los tres servicios principales que se requieren en el teñido, ya que con ellos es posible llevar a cabo el proceso.

El procedimiento para conocer si la fuente de abastecimiento de vapor y agua era suficiente para el proceso, fue como sigue. Con los datos obtenidos en el sistema AMC-100, se puede conocer la tasa de enfriamiento y calentamiento de cada uno de los pasos que así lo requieran durante el proceso de teñido, así como también mediante las gráficas que describen el proceso. Si se conoce la diferencia de temperaturas y la diferencia de tiempo entre dos puntos dados, se puede calcular la velocidad de calentamiento y/o enfriamiento entre los puntos en cuestión. En la figura siguiente se puede observar como se realizó el cálculo de las velocidades de enfriamiento/calentamiento.

Fig. 4.1

Ejemplo de las gráficas generadas por el sistema AMC-100, para el cálculo de las velocidades de calentamiento/enfriamiento



Conociendo la temperatura y el tiempo al que se tiene esa temperatura en un punto inicial (A) y uno final (B), se puede calcular las diferencias de temperaturas y de tiempos entre estos dos puntos dados. La velocidad de calentamiento y/o enfriamiento será la relación entre estas dos diferencias,

$$\text{Velocidad de calentamiento y/o enfriamiento} = \frac{\text{Diferencia de temperaturas, (}^{\circ}\text{C)}}{\text{Diferencia de tiempos, (min)}}$$

Se revisaron los datos de los lotes procesados durante dos semanas en los que se realizó el análisis de las curvas de enfriamiento y calentamiento de los lotes en cuestión, así como los tiempos en que se debe mantener cierta temperatura durante el ciclo de teñido.

En este análisis se compararon los datos obtenidos al momento del teñido, con los datos teóricos. La siguiente tabla muestra las velocidades promedio de calentamiento y enfriamiento para los diferentes susbtratos, tanto los valores teóricos como los actuales.

Tabla 4.1

Velocidades de calentamiento/enfriamiento teóricas y actuales.

<u>Substrato</u>	Velocidad calentamiento °C/min)			Velocidad enfriamiento (°C/min)		
	Teórico	Actual	Diferencia	Teórico	Actual	Diferencia
Poliéster	1.5	1.48	-0.02	3.0	3.2	+0.2
Algodón	2.0	2.1	+0.1	5.0	4.5	-0.5
Poliéster-lycra	2.0	2.1	+0.1	3.0	3.2	+0.2

Las diferencias encontradas entre los valores actuales y los teóricos, difícilmente afectan el proceso de teñido. La diferencia más grande es la que se tiene en el enfriamiento de fibras de algodón (0.5 °C/min), aunque en este proceso de enfriamiento no se afecta directamente el teñido de la tela, puesto que lo que se quiere es tener el enfriamiento lo más rápido posible, entonces lo que se incrementa es el tiempo que se requiere para llegar a la temperatura final deseada. Los demás valores de calentamiento y/o enfriamiento se encuentran en el orden de 0.02 a 0.2 °C/min, lo que significa que los valores actuales son muy cercanos a los valores teóricos requeridos para estos procesos.

De acuerdo a estos resultados se puede concluir que, definitivamente se cuenta con un sistema capaz de proporcionar el suficiente vapor, agua caliente y agua fría, para satisfacer las necesidades de las dos máquinas en estudio.

4.2. Fallas en la maquinaria durante el ciclo de teñido.

Las fallas durante el teñido pueden ser la causa de los lotes fuera de tono y de la baja repetibilidad entre lotes de colores similares. Mediante el control AMC-100, es posible determinar los problemas que se presentan durante el ciclo de teñido, y el tiempo de duración de los mismos. Mientras el sistema detecta un problema, el tiempo de proceso se detiene, y la máquina no continúa el proceso hasta que se repara la falla; por lo que este tiempo perdido se considera tiempo muerto de proceso. Generalmente las fallas deben ser reparadas al momento por el operador, puesto que son señales que generan los sensores de la maquinaria cuando los rangos de medición de cada uno de ellos son excedidos, o bien fallas mecánicas debidas al movimiento del material. Solo en caso de una falla grave de la maquinaria, el personal de mantenimiento debe acudir a la reparación.

4.2.1. Tiempos muertos durante el ciclo de proceso.

Se realizó el análisis de los datos de tiempos de proceso durante tres semanas de producción. Los datos son variables para cada uno de los procesos, así que se decidió comparar solo aquellos en los que no se tiene influencia del tipo de material procesado, tipo de colorantes utilizados y procedimiento de teñido seguido. A continuación se describen cada uno de los datos comparados en esta sección y que fueron considerados generadores de tiempos muertos durante el ciclo de teñido.

4.2.1.1. Modo manual.

Cuando el sistema AMC-100, indica que la máquina está en modo manual, es debido a que se tuvo que realizar alguna operación extra durante el ciclo de teñido. Esta operación, puede ser el reparar alguna falla (e.g. problema mecánico), o bien la alimentación de productos químicos o colorantes (e.g. adición).

4.2.1.2. Espera por alimentación de productos químicos o colorantes.

La alimentación de productos químicos y colorantes, se realiza en forma manual al tanque adicional (ver fig. 2.5), la máquina muestra la señal para que se añadan estos productos al tanque adicional de la máquina y se presione el botón para el inicio del bombeo de los productos hacia el interior de la maquinaria. Para ello se requiere que el operador tenga pesados, disueltos y/o preparados a un lado de la máquina, los colorantes o productos químicos que requiera para el proceso. Si esto no se cumple, y, el sistema AMC-100 indica el tiempo que se estuvo en espera, antes de que esto se cumpliera.

4.2.1.3. Problemas mecánicos o eléctricos.

Durante el ciclo de teñido, es posible que se generen problemas de tipo mecánico, o eléctrico. Estos problemas son señalados gracias a cada uno de los sensores con que cuenta la maquinaria. Dentro de los problemas eléctricos se encontraron aquellos relacionados con los sensores de nivel en el tanque adicional, los sensores del incremento de temperatura, y los sensores de drenaje de la maquinaria. Estos problemas fueron poco frecuentes, y en algunos casos solo se presentaron en un lote, del total de lotes analizados. En los problemas mecánicos listados por este control, se encontró que los atoramientos de la tela son los mas recurrentes, tanto en la máquina número 3 como en la máquina número 8. El atoramiento de tela ocurre en la parte superior de la máquina, evitando la libre circulación de la cuerda de tela (ver glosario) por el rodillo guiador de tela, y provocando que se estanque el material. Este problema se encontró en más de la mitad de los lotes analizados.

4.2.1.4. Carga y descarga de material.

Esta es otra operación manual, y de acuerdo la habilidad del operador durante estas operaciones se puede disminuir o incrementar el tiempo de proceso.

A continuación se muestran los datos obtenidos del control AMC-100, para ambas máquinas, de los parámetros anteriormente descritos y que se consideraron generadores de tiempos muertos durante el proceso de teñido.

Tabla 4.2

Tiempo muerto en la máquina #3

Máquina #3 ⁽²⁾	Tiempo, hrs.		
	Descripción	Promedio	Valor máximo
Modo manual	0.09	0.73	0.00
Esperando alimentación de químicos o colorantes	0.21	0.64	0.00
Problemas mecánicos o eléctricos	0.95	4.97	0.03
Cargado inicial de material	0.33	1.14	0.00 ⁽¹⁾
Descarga final del material	0.40	1.28	0.00 ⁽¹⁾

(1) Son 0.00 en algunos casos porque no se incluyo en el programa de la máquina estos pasos.

(2) Máquina #3, 26 lotes analizados durante el periodo comprendido entre el 25 de julio y el 12 de agosto, 1997.

Tabla 4.3

Tiempo muerto en la máquina #8

Máquina # 8 ⁽²⁾	Tiempo, hrs.		
	Descripción	Promedio	Valor máximo
Modo manual	0.16	1.95	0.00
Esperando alimentación de químicos o colorantes	0.13	0.48	0.00
Problemas mecánicos o eléctricos	0.77	3.88	0.02
Cargado inicial de material	0.45	1.09	0.00 ⁽¹⁾
Descarga final del material	0.81	2.81	0.00 ⁽¹⁾

(1) Son 0.00 en algunos casos porque no se incluyo en el programa de la máquina estos pasos.

(2) Máquina #8, 16 lotes analizados durante el periodo comprendido entre el 28 de julio y el 12 de agosto, 1997.

Se puede observar en los datos mostrados anteriormente que el tiempo que la maquinaria se encuentra en modo manual es pequeño y podría esperarse un valor mayor debido a las operaciones que deben realizarse en modo manual. En cuanto al tiempo en que la maquinaria está esperando la alimentación de productos químicos y/o colorantes, es considerable, y dependiendo del operador este puede variar considerablemente (valor mínimo encontrado de 0.00 hrs en ambas máquinas). La carga y descarga de material de la maquinaria, también es importante en el tiempo muerto, pero en muchos casos no fue posible determinarlo, debido a que no se incluyó en el programa de la maquinaria. En el caso de la alimentación de productos y carga/descarga de material, lo mejor es el entrenamiento del personal para hacerle comprender que el tiempo en que la maquinaria no está produciendo, es dinero perdido.

En cuanto al tiempo muerto debido a problemas durante el proceso de teñido, se puede decir que es de los más significativos. En promedio, 8% del total del tiempo de proceso es perdido en la máquina #3 debido a problemas, y un 12% del tiempo total de proceso es perdido en la máquina #8. En otras palabras, la productividad de estas máquinas podría ser incrementada un 10% si estos problemas son resueltos.

En la tabla siguiente se muestra la descripción de los lotes analizados en este punto, y que comprenden desde el mes de julio y hasta los primeros días de septiembre. El problema principal encontrado en estos lotes fue el atoramiento de tela en la máquina al tiempo del proceso.

Tabla 4.4

Lotes con problemas de atoramiento de tela, máquinas # 3 y 8

Máquina #	# lotes analizados	% de lotes analizados con problema principal de atoramiento de tela	Período de análisis (año 1997)
3	66	66	25 julio – 10 septiembre
8	54	77	28 julio – 10 septiembre

4.2.2. Causas de tiempos muertos durante el ciclo del teñido.

En el afán de determinar las causas de estas fallas, el análisis de los datos obtenidos en el sistema AMC-100 fue encaminado a los posibles parámetros críticos que pueden causar estos problemas, como son:

Sobrecarga de material,

Estilo del material, y

Velocidad del riel guiador de la tela

4.2.2.1. Sobrecarga de material.

Uno de los parámetros críticos que puede ser causante de los recurrentes atoramientos de tela, es la sobrecarga de material. Esto significa que se introduce a la maquinaria un peso mayor de material del que es recomendado por el fabricante. Se asumió que, sobrepasando el valor límite de peso cargado indicado por el fabricante, se tendrían mayores problemas de atoramientos, por lo que los datos del peso del material fueron convertidos a porcentaje de peso sobrecargado en la maquinaria, esto es,

$$\% \text{ de peso sobrecargado} = \frac{(\text{peso cargado, Kg} - \text{peso indicado por el fabricante Kg})}{(\text{peso indicado por el fabricante Kg})} \times 100\%$$

localizan algunos puntos dispersos en los que este valor es mucho mayor. La mayor parte de estos puntos dispersos se encuentran, en general, cercanos al valor de 0% de sobrecarga, esto es el peso del material cargado en estos lotes es cercano al valor recomendado por el fabricante. Se decidió incluir el número del estilo del material en aquellos puntos dispersos, y que se relacionan con valores de tiempo muerto mayores a 100 minutos. En el caso de la máquina #3, es claro que existen ciertos estilos problemáticos, y para la máquina #8, esto no es tan fácil de determinar, aunque se puede decir que el estilo del material juega un papel importante en la generación de tiempos muertos.

Por lo tanto se puede concluir que, la sobrecarga del material no tiene influencia sobre el tiempo muerto generado durante el ciclo de teñido.

4.2.2.2. Estilo del material

Como se pudo observar en el punto anterior, el estilo del material tiene una importante influencia en la generación de tiempos muertos durante el proceso. El estilo del material varía de acuerdo a la fibra o fibras que lo componen, el tipo de hilo que lo forma, el peso por unidad métrica que tiene y la forma del tejido del material. Todas estas variables, hacen que cada estilo tenga características diferentes, aun y cuando se comparan dos estilos de material que son compuestos de la misma fibra, se obtienen resultados diferentes. Para conocer cuales son los estilos problemáticos, en ambas maquinarias, se decidió realizar la siguiente transformación en los datos de tiempo muerto (debido a atoramientos de tela), y tiempo total de proceso:

$$\% \text{ relación de tiempo muerto / tiempo total de proceso} = \frac{\text{Tiempo muerto, (min)}}{\text{Tiempo total de proceso, (min)}} \times 100\%$$

Tabla 4.5

Relación entre tiempo muerto – estilo de material, máquina #3

Estilo#	%[Tiempo muerto(min)/Tiempo total de proceso(min)] (promedio por estilo)
2000	0.50
3012	1.00
3008	2.00
3234	2.00
301H	2.00
650	3.00
3325	3.00
4020	3.00
110	3.75
1619	3.75
715	4.00
2105	4.00
2489	4.00

Estilo#	%[Tiempo muerto(min)/Tiempo total de proceso(min)] (promedio por estilo)
2658	4.00
4016	5.00
5117	5.00
3138	5.43
736	6.13
2975	6.40
2824	6.50
2469	7.00
660	7.50
112	9.50
3130	10.50
2018	11.00
2107	11.00
733	15.00
3250	24.60
709	47.00

Tabla 4.6

Relación entre tiempo muerto – estilo de material, máquina #8

Estilo#	%[Tiempo muerto(min)/Tiempo total de proceso(min)] (promedio por estilo)
715	2.00
2824	2.00
301H	2.67
733	3.00
1619	4.00
32122	4.00
3325	4.50
650	5.00
4020	6.50
392	7.00
2975	8.80

Estilo#	%[Tiempo muerto(min)/Tiempo total de proceso(min)] (promedio por estilo)
3012	9.00
3130	10.00
110	11.00
4090	11.00
3212	13.00
2018	16.33
2018/313	19.50
3189	19.67
3250	29.00
4016	30.50
3323	32.00
3229	60.00

De acuerdo a los resultados mostrados se puede decir que, existen algunos estilos problemáticos en los que alrededor del 50% del tiempo total de proceso es perdido debido a problemas de atoramiento (i.e. 709, 3323, 3229), mientras que para algunos otros estilos difícilmente se tienen problemas con este respecto.

Hasta este punto se sabe que existen problemas con algunos estilos que causan tiempos muertos, que podrían ser eliminados ajustando la velocidad del riel o volumen de aire de succión en la máquina, para que estos estilos problemáticos puedan ser procesados sin la generación de tiempos muertos debidos a atoramiento de tela en la maquinaria. En esta investigación solo se abordó la velocidad del riel guiador de la tela y se discute a continuación.

4.2.2.3. Velocidad del riel guiador de la tela.

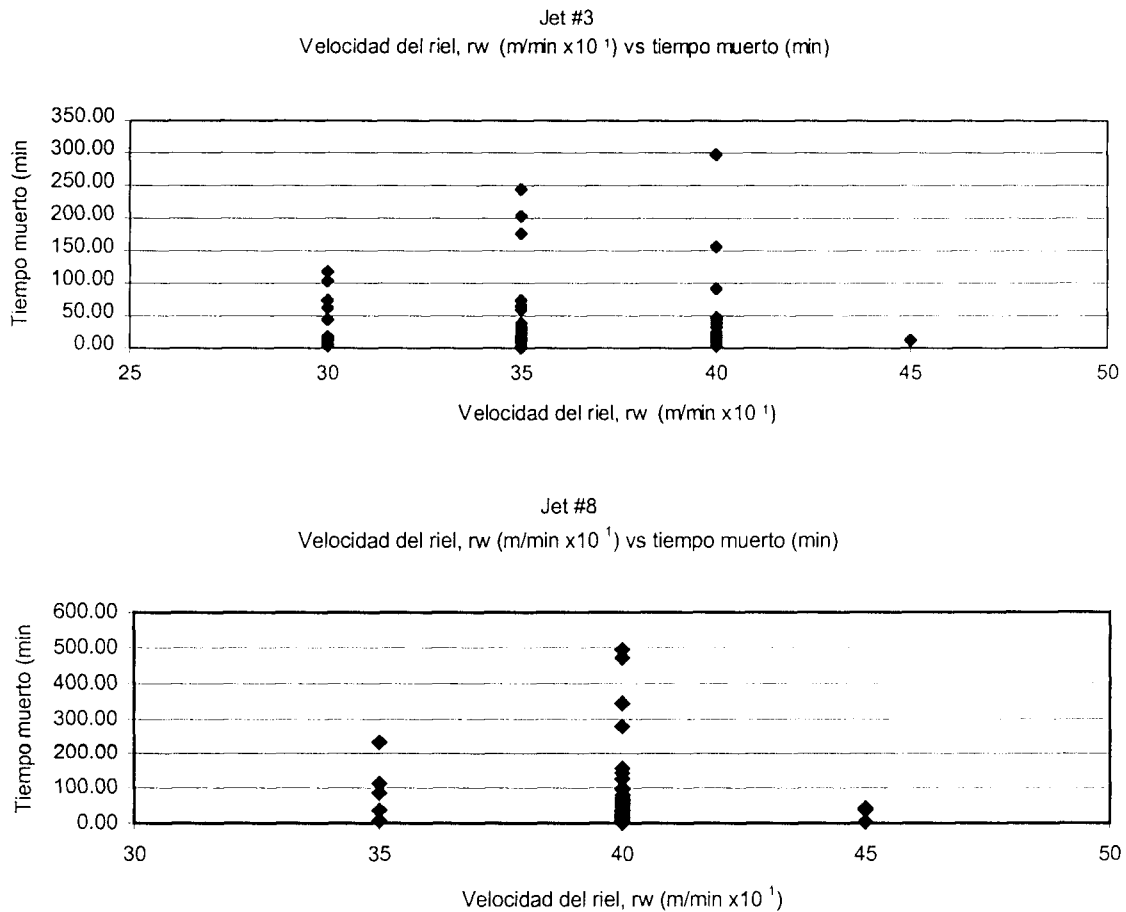
Para el movimiento del material dentro de la máquina, se cuenta con un engrane que imparte velocidad al riel guiador de la tela y que es el responsable directo de este movimiento (ver rodillo guiador, figura 2.5). La velocidad del riel guiador debe ser de acuerdo al tipo de material, estilo del mismo y peso del material, ya que todos estos factores influyen en el buen o mal funcionamiento de la maquinaria durante el ciclo de teñido.

Por el momento se cuenta con una forma estándar en la empresa A, para determinar la velocidad de este riel guiador de la tela, en la que solo se toma en cuenta la longitud del material, y el peso del mismo. Esto causa que muchos estilos diferentes sean procesados a una misma velocidad sin tomar en cuenta los parámetros anteriormente mencionados y que son de gran importancia si se quieren evitar los atoramientos del material en la maquinaria.

En la siguiente figura se muestran los datos de velocidad del riel guiador de la tela, y el tiempo muerto generado en cada uno de los lotes analizados.

Fig. 4.3

Velocidad del riel guiador de la tela vs. tiempo muerto



Como se explicó anteriormente, no se cuenta con una relación específica para la determinación de la velocidad de este riel guiador de acuerdo a las características del material, por lo que en la figura anterior se puede observar que en su mayoría los lotes son procesados a ciertas velocidades “estándar” en cada una de las máquinas, y solo en algunos casos los lotes fueron procesados a velocidades diferentes.

Para tener una idea más clara del valor de la velocidad del riel que tiene mayor influencia en la generación de tiempo muerto, se calcularon los promedios del porcentaje de tiempo muerto con relación al tiempo total de proceso, para cada una de las velocidades manejadas en las máquinas *Then* y los resultados se muestran a continuación.

Tabla 4.7

Relación entre tiempo muerto – velocidad del riel guiador.

Máquina #3				
Velocidad del riel guiador, m/min	300	350	400	450
% [Tiempo muerto(min)/Tiempo total de proceso(min)], promedio	5.51	8.61	8.72	2.71
Máquina #8				
Velocidad del riel guiador, m/min	300	350	400	450
% [Tiempo muerto(min)/Tiempo total de proceso(min)], promedio	--- ⁽¹⁾	14.42	11.27	6.64

⁽¹⁾ No se procesaron lotes a esta velocidad en esta máquina.

Los resultados mostrados en la tabla anterior señalan que, el material se procesa a una velocidad mayor en la máquina #8, comparada con la velocidad de trabajo de la máquina #3; sin embargo no existe razón para ello, puesto que la única diferencia entre ambas máquinas es la cantidad de material que puede procesarse, debido al mayor o menor número de puertos (ver glosario). La explicación para ello es que la forma arbitraria en que actualmente se determina la velocidad a la que debe procesarse el material en las máquinas, y que debe ser modificada.

En la tabla 4.7, para la máquina #3, los datos muestran que los problemas durante el proceso se incrementan al incrementar la velocidad de la máquina, (300 m/min: 5.5%; 400 m/min: 8.72%; el valor de 2.71% no es representativo debido a que solo un lote fue procesado a esta velocidad), entonces una velocidad menor debe causar menos tiempo muerto. En la máquina #8 el porcentaje de tiempo muerto es mayor que en la máquina #3, debido a que se trabaja a velocidades más elevadas. La mayoría del tiempo esta máquina está trabajando a 400m/min. Los datos parecen indicar que a una velocidad de proceso mayor se tienen menos problemas, pero esto puede ser atribuido a los pocos datos disponibles que se tienen a velocidades de 350 y 450 m/min.

4.3. Reproducibilidad de formulaciones entre laboratorio y producción.

Uno de los factores que agudizan los problemas para la obtención de lotes teñidos BPV, es la fórmula de teñido. En la formulación se incluyen las cantidades de químicos y colorantes para obtener cierta tonalidad en el sustrato. Todas las recetas son generadas en el laboratorio. Aún y cuando el laboratorio sigue los mismos procedimientos que se tienen a nivel producción, existen diferencias en la tonalidad obtenida entre ambos.

4.3.1. Procedimiento

Muestras de sustratos sin teñir fueron tomadas de las máquinas de producción, después de que se le dió el pretratamiento al sustrato, para evitar interferencias debidas a este proceso.

Suficiente licor de teñido fue preparado para todas las pruebas, con el fin de evitar diferencias en cuanto a la preparación de colorantes y químicos auxiliares.

Las condiciones físicas de las máquinas del laboratorio fueron cambiadas de acuerdo a las posibilidades.

Cada resultado fue comparado con la muestra obtenida en producción, y se utilizó un espectrofotómetro (Macbeth 1500/PLUS, ver glosario) para conocer las diferencias en cuanto a cantidad de colorante absorbido por el sustrato, esto es, se realizaron lecturas de cada una de las muestras y se obtuvo la predicción de las cantidades de colorante necesarias para obtener dicho color en el sustrato. No se realizaron mediciones de diferencias de color (Delta E) en las muestras debido a que estas no se comportan en una escala lineal (ver glosario).

La relación entre el peso del substrato y el volumen de líquido para cada muestra se mantuvo igual a como normalmente se trabaja en el laboratorio, (1:8), esto es por cada gramo de substrato, la cantidad de líquidos (agua, colorantes y químicos) es 8 veces mayor. Todas las muestras teñidas son de 5 gramos, y el volumen de líquido es de 40 ml. Las condiciones actuales (condiciones normales), se identificaron como prueba 0, y para cada una de las diferentes pruebas se asignaron números subsecuentes.

Cabe hacer mención que se realizaron pruebas en substratos de poliéster 100%, mezcla de poliéster-algodón, algodón 100% y poliéster-licra. Para fines de esta tesis se discuten únicamente los resultados obtenidos para poliéster 100%, debido a que es el grupo con mayor cantidad de muestras analizadas durante el periodo de investigación. Los resultados obtenidos para las distintas composiciones de materiales son incluidos en los apéndices B, C y D. Las condiciones de relación de baño y peso de muestra son las mismas para los diferentes substratos, aunque la máquina de teñido de laboratorio utilizada para tal fin, es diferente para cada uno de ellos.

4.3.2. Condiciones de las pruebas de teñido, poliéster 100%.

El teñido de poliéster 100%, es llevado a cabo con colorantes dispersos a la temperatura de 130°C. Todas las pruebas realizadas en este sustrato, fueron realizadas en la máquina de teñido de laboratorio 1, marca Ahiba, modelo Polymat con unidad de control modelo PC 100. Los vasos de teñido para muestras utilizados tienen capacidad de 150 ml. El medio de transferencia de calor es Polietilen glicol. Esta es la máquina que se usa generalmente en el laboratorio para la igualación de colores en poliéster 100%, y debido a ello se seleccionó para realizar estas pruebas en este sustrato.

De acuerdo a las posibilidades de la máquina se seleccionaron las siguientes condiciones para realizar las pruebas de teñido: variación en la velocidad de calentamiento/enfriamiento, variación en la velocidad de rotación y variación en el tiempo de agotamiento de colorantes. A continuación se describen las condiciones de teñido realizadas en cada una de las pruebas.

Tabla 4.8

Descripción de las condiciones de prueba de teñido para poliéster 100%

Prueba no.	Condiciones	Procedimiento no.					Velocidad de rotación rpm
		0	1	2	3	4	
0	Tiempo, (min)	0	30	60	30	---	38
	Temperatura, (C)	60	130	130	60	---	
1	Tiempo, (min)	0	20	20	60	23	38
	Temperatura, (C)	60	100	130	130	60	
2	Tiempo, (min)	0	30	60	30	---	42
	Temperatura, (C)	60	130	130	60	---	

Tabla 4.8 (continuación...)

Prueba no.	Condiciones	Procedimiento no.					Velocidad de rotación rpm
		0	1	2	3	4	
3	Tiempo, (min)	0	30	60	30	---	30
	Temperatura, (C)	60	130	130	60	---	
4	Tiempo, (min)	0	30	90	30	---	38
	Temperatura, (C)	60	130	130	60	---	
5	Tiempo, (min)	0	30	30	30	---	38
	Temperatura, (C)	60	130	130	60	---	

El número del procedimiento indica el estado de la máquina, esto es, la temperatura y el tiempo transcurrido en cada periodo. Para mostrar esto en forma más clara las gráficas que a continuación se presentan muestran las condiciones de cada una de las pruebas realizadas.

Fig. 4.4

Teñido de poliéster, condiciones de la prueba 0

Condiciones normales, prueba no. 0

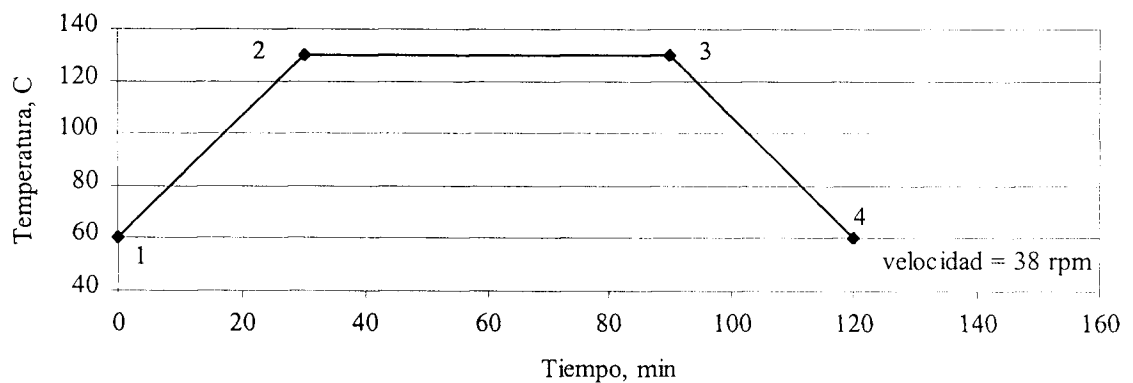


Fig. 4.5

Teñido de poliéster 100%, condiciones de la prueba 1

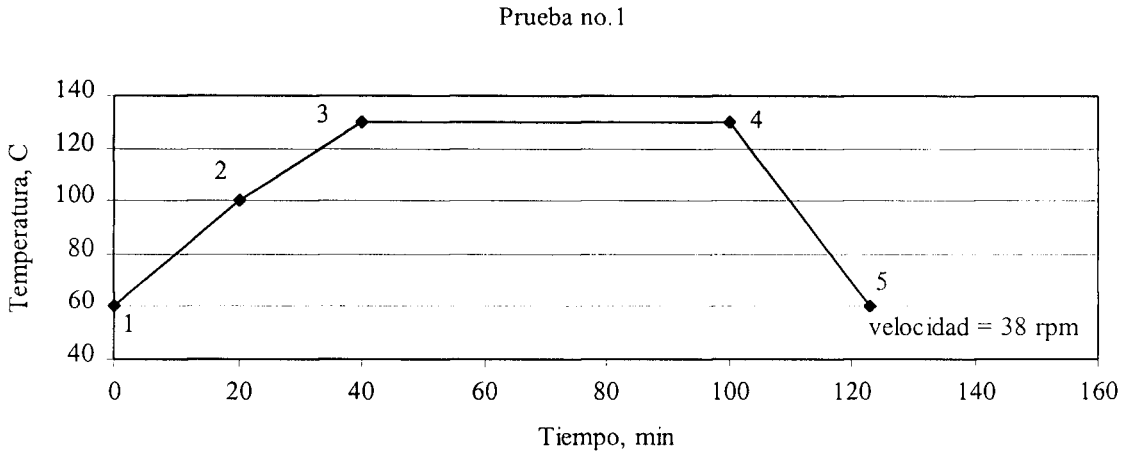


Fig. 4.6

Teñido de poliéster 100%, condiciones de la prueba 2

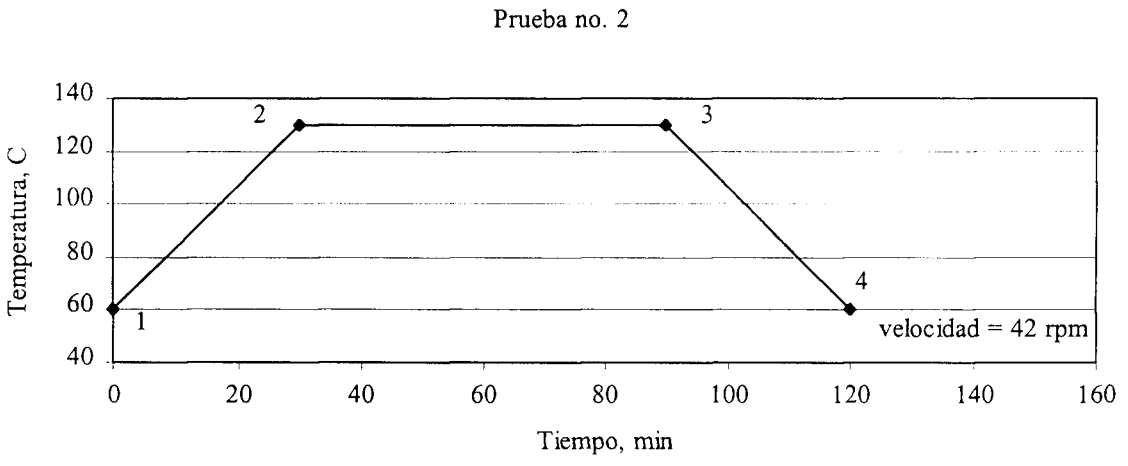


Fig. 4.7

Teñido de poliéster 100%, condiciones de la prueba 3

Prueba no.3

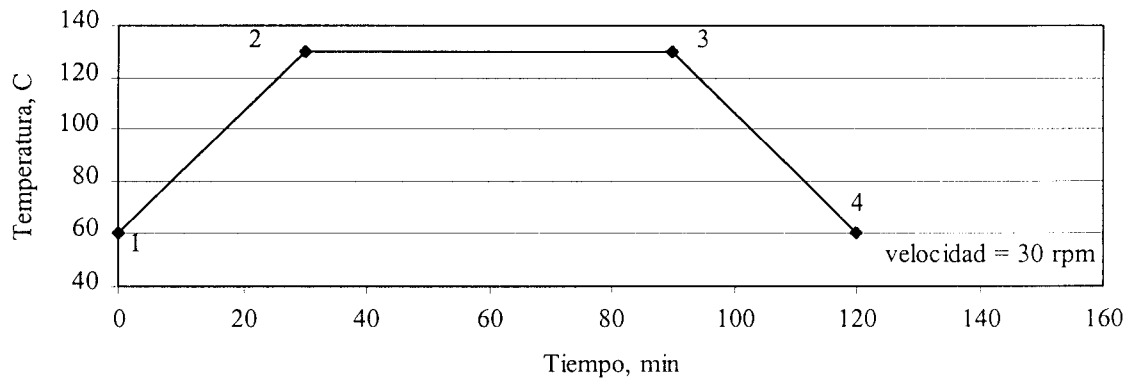


Fig. 4.8

Teñido de poliéster 100%, condiciones de la prueba 4

Prueba no.4

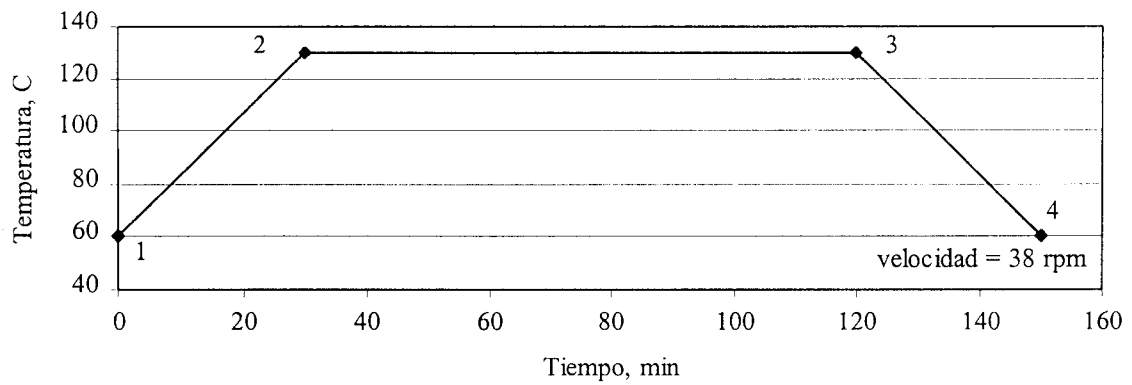
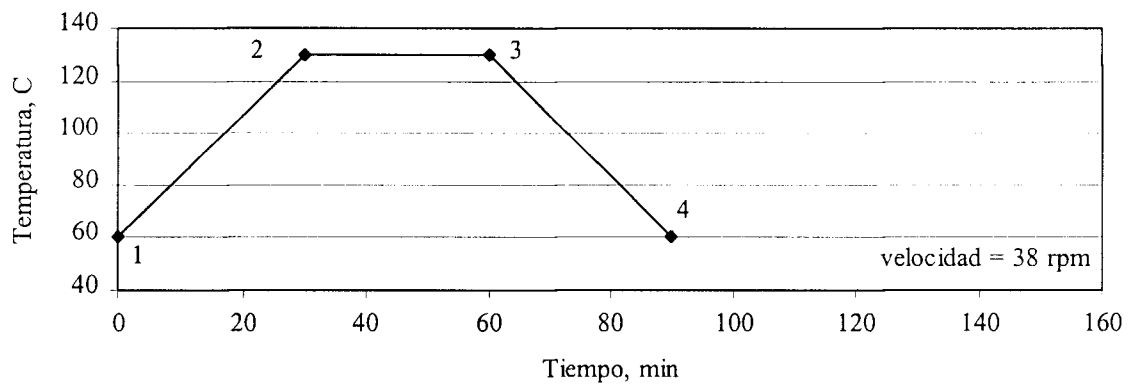


Fig. 4.9

Teñido de poliéster 100%, condiciones de la prueba 5

Prueba no.5



4.3.3. Identificación de las muestras.

El número de color determina la formulación de teñido es utilizada. Debido a esto solo muestras del mismo con iguales nombres de color y número de color son comparadas, y cada una de ellas es analizada por colorante, aunque los resultados obtenidos para las muestras restantes, en las que no se realizó comparación alguna, se incluyen en el apéndice A. El número de estilo, determina la composición del substrato, esto es la forma del tejido del material (ver glosario), además de indicar el tipo de hilo que lo forma. El número de muestra, es el número arbitrario que se designó para identificar cada una de las muestras.

Tabla 4.9

Teñido de poliéster 100%, identificación de las muestras

Número de identificación de la muestra	Máquina no.	Fecha de toma de muestra	Estilo	Nombre del color	Número de color
1	3	9/2/97	715	Negro	82731
2	8	9/18/97	653	Negro	82731
3	3	9/23/97	2000	Negro	82731
4	8	9/16/97	301H	Negro	82857
5	8	9/17/97	301H	Negro	82857
6	3	9/12/97	4090	Cambray	53616
7	3	9/12/97	4090	Cambray	53616
8	3	9/22/97	650	Crudo	92880
9	3	9/15/97	660	Marfil	93009
10	3	9/15/97	660	Marfil	93009
11	3	9/15/97	660	Marfil	93009
12	3	9/15/97	660	Marfil	93009
13	3	9/23/97	650	Lila	62847
14	3	9/20/97	650	Azul claro	53641
15	3	9/19/97	650	Plomo	62881

Se procesaron todas las muestras a un mismo tiempo, esto es se realizó la prueba no. 0 para todas las muestras, después la prueba no. 1 para todas las muestras, y así sucesivamente, esto para evitar diferencias en el proceso entre una muestra y otra.

4.3.4. Presentación de resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos en las muestras que se compararon para los diferentes nombre y números de colores similares. En los resultados se indica la concentración total de colorante que es igual a la suma de las concentraciones de todos los colorantes utilizados en la formulación. Se indican en porcentaje de colorante en relación al peso del substrato (ver glosario). Además se indican los nombres comerciales de los colorantes utilizados en la formulación y el número de muestras comparadas en cada color y si éstas tienen mismos estilos de material o no. Después se presentan las figuras correspondientes a la concentración de cada colorante con respecto a las diferentes pruebas de teñido realizadas. Se discute el resultado para cada colorante por separado y al final se hace un análisis del resultado en general para el nombre/número de color en específico.

4.3.4.1. Negro # 82731

En este grupo se analizó un total de tres muestras. Todas ellas con diferentes estilos.

Cantidad total de colorantes: 5.523% (tonalidad oscura).

Formulación de teñido:

0.023 % Amarillo Dispersol D7G 200%

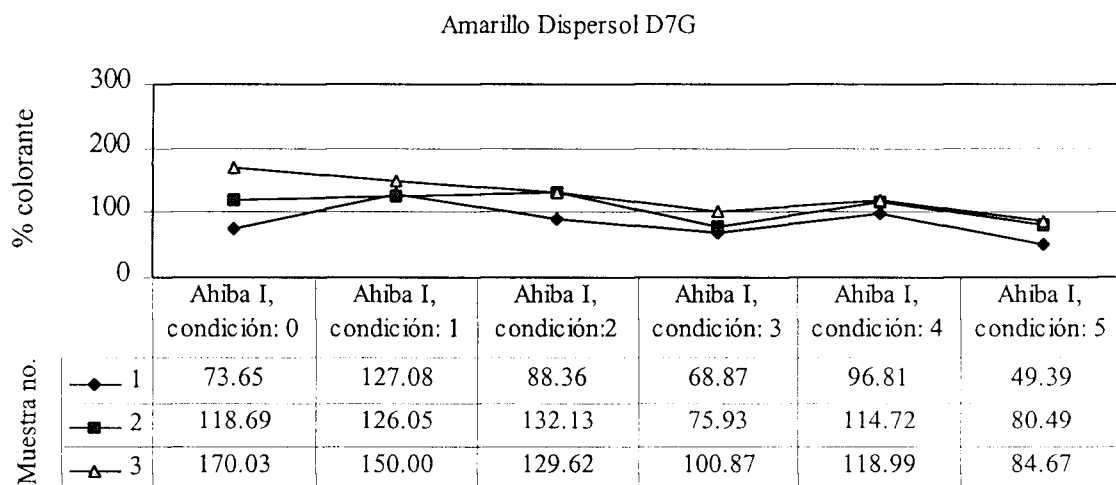
0.300 % Rojo Dispersol C-4G 150%

5.200 % Negro Dispersol XF

Colorantes utilizados en la formulación: Amarillo Dispersol D7G 200%, Rojo Dispersol C4G 150%, Negro Dispersol XF, todos ellos fabricados por BASF.

Fig. 4.10

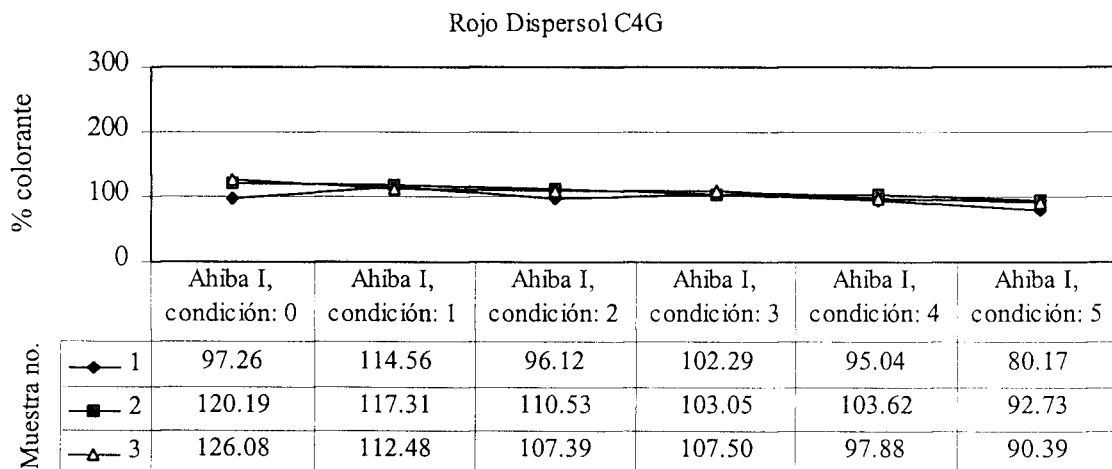
% de Amarillo Dispersol D7G 200% vs. pruebas de teñido, poliéster 100%



Amarillo Dispersol D7G 200%, se observan grandes diferencias de concentración de colorante en el sustrato de acuerdo al estilo, aunque se puede decir que las mejores condiciones de teñido son aquellas propuestas en la prueba no. 4, en donde el tiempo de agotamiento del colorante fue extendido.

Fig. 4.11

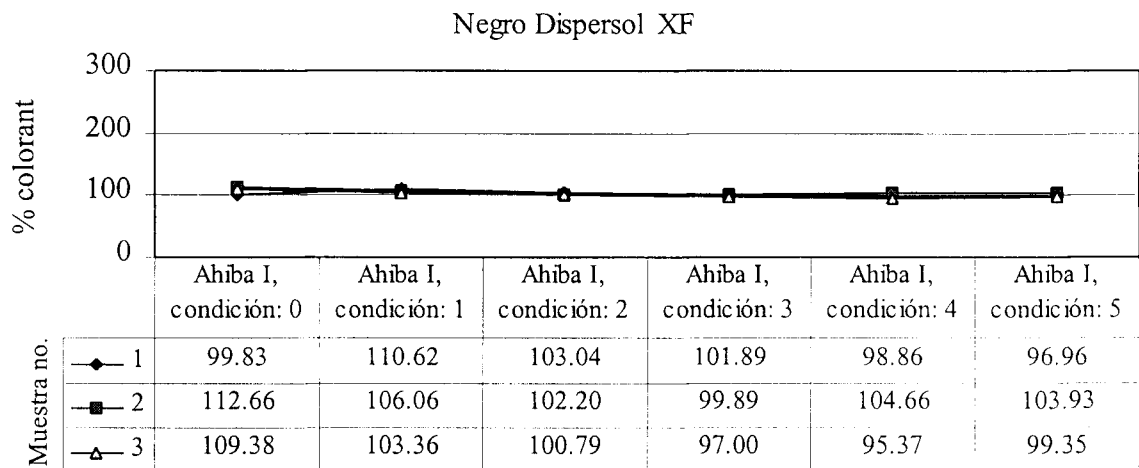
% de Rojo Dispersol C4G 150% vs. pruebas de teñido, poliéster 100%



Rojo Dispersol D4G, para este colorante las diferencias debidas al estilo son mínimas, y se tienen diferentes pruebas a las que la concentración de colorante sobre el substrato igual o ligeramente diferente a la que se tiene en la muestra estándar. Estas condiciones son las propuestas en las pruebas no. 2, 3 y 4.

Fig. 4.12

% de Negro Dispersol XF vs. pruebas de teñido, poliéster 100%



Negro dispersol XF, no se observan diferencias notables debidas al estilo del material, y en cuanto a condiciones adecuadas para llevar a cabo el teñido, las propuestas en las pruebas 2, 3, 4, y 5 funcionan adecuadamente.

Se puede concluir, que para obtener substrato poliester 100% en estos tres diferentes estilos, el color Negro #82731, las condiciones de teñido propuestas en la prueba no. 4, son las ideales para obtener la misma coloración, tanto en el laboratorio, como en producción.

En la prueba no. 4, se tiene un tiempo de agotamiento de color en el baño de teñido más grande que en las demás pruebas. Lo que significa que para obtener una tonalidad similar, en colores oscuros, entre las muestras procesadas en el laboratorio y la planta, es necesario incrementar el tiempo de proceso a alta temperatura en el laboratorio.

4.3.4.2. Negro #82857

Para este color, se tienen dos diferentes muestras con el mismo estilo para comparar.

Cantidad total de colorantes: 2.8569%

Formulación de teñido:

0.0189 % Amarillo Intrasil 2GW 200%

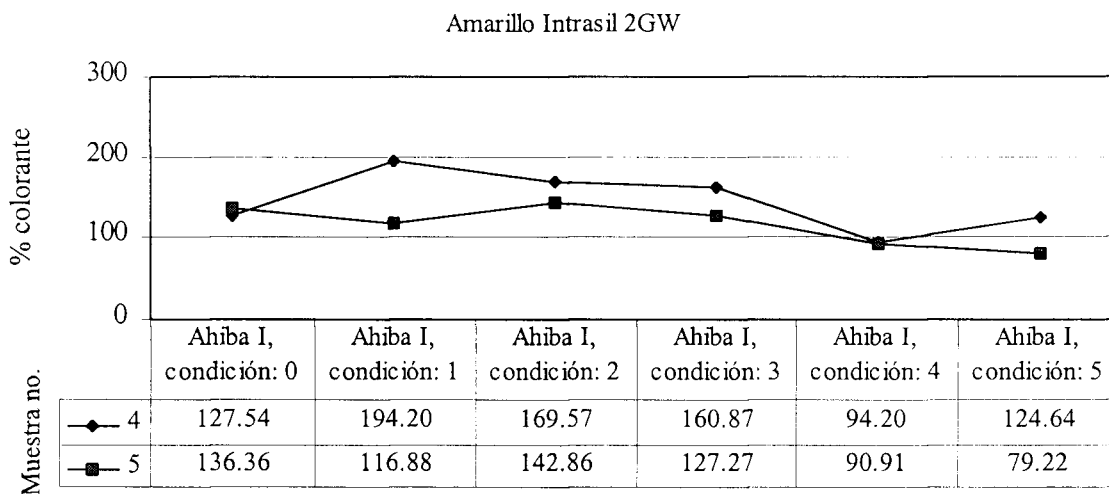
0.0380 % Rojo Intrasil FTS

2.8000 % Disperse Rite Black E-EX

Colorantes utilizados en la formulación: Amarillo Intrasil 2GW, Rojo Intrasil FTS, ambos fabricados por Crompton and Knowles, y Negro Disperse Rite E-EX fabricado por Rite Industries

Fig. 4.13

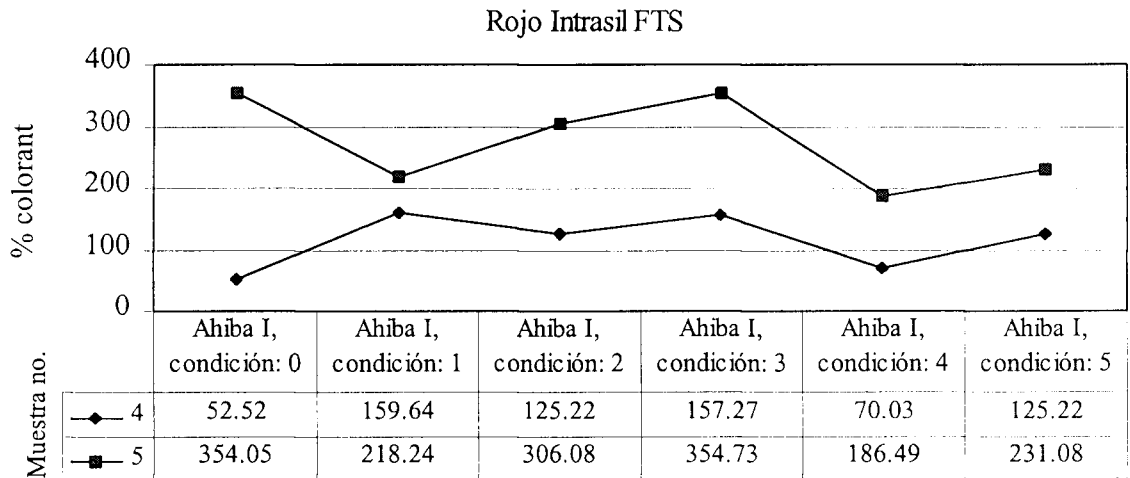
% de Amarillo Intrasil 2GW 200% vs. pruebas de teñido, poliéster 100%



Amarillo Intrasil 2GW, el rango de variación de la concentración de colorante en el substrato es muy amplio, aún y cuando se trata de dos muestras con el mismo estilo de material. Las condiciones de operación más cercanas al estándar de producción, son las propuestas en la prueba no. 4.

Fig. 4.14

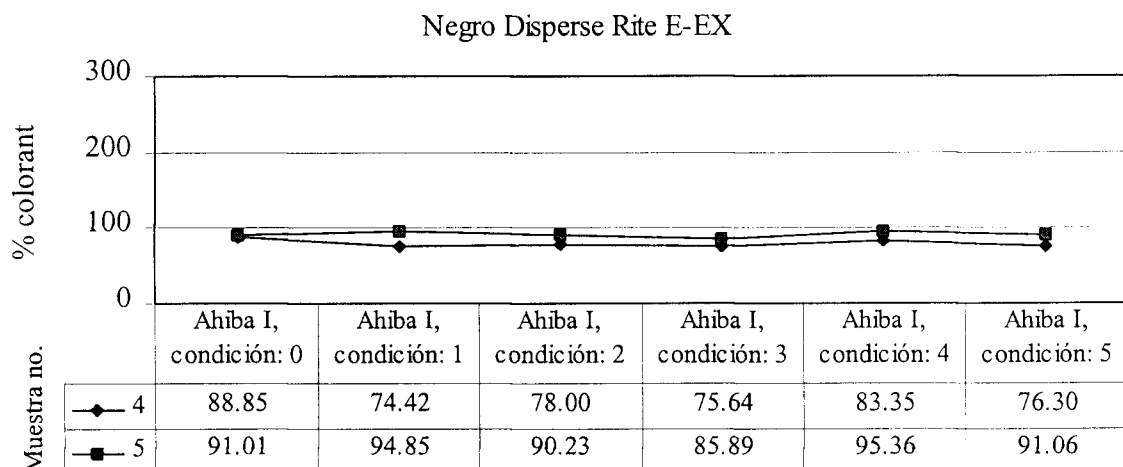
% de Rojo Intrasil FTS vs. pruebas de teñido, poliéster 100%



Rojo Intrasil FTS, el rango de variación para este colorante es mucho mayor que en el caso anterior. No es posible determinar una condición adecuada para el teñido con los resultados obtenidos.

Fig. 4.15

% de Negro Disperse Rite E-EX vs. pruebas de teñido, poliéster 100%



Negro Disperse Rite E-EX, el rango de variación para este colorante no es tan amplio, pero se observa claramente que el porcentaje de colorante en todas las muestras es

menor al 100%, esto es, todas las muestras presentan un porcentaje bajo de color, comparado con la concentración obtenida en producción. Las mejores condiciones de operación son las propuestas en la prueba no. 4.

Para este color, no se tiene una clara idea de las condiciones óptimas de operación, para reproducir los resultados de laboratorio en producción. Una de las causas es que los colorantes utilizados no son de la misma familia. Para tener combinaciones entre colorantes de diferentes marcas, es necesario conocer las curvas de agotamiento de cada uno de ellos y con ello conocer la compatibilidad o no compatibilidad de los colorantes en la mezcla.

Cabe hacer mención, que si bien no es posible determinar las condiciones óptimas de teñido para este color, la tendencia, por lo menos en dos de los colorantes, (Amarillo Intrasil 2GW y Negro Disperse Rite E-EX), es hacia un mayor tiempo de agotamiento, condiciones de operación propuestas en la prueba no. 4, que coincide con las condiciones propuestas en el caso anterior. Ambos casos tratan de colores en tonalidades oscuras.

4.3.4.3. Cambray # 53616

Para esta tonalidad se tienen dos muestras con el mismo estilo.

Cantidad total de colorantes: 0.36%

Formulación de teñido:

0.03% Rojo Dispersol C4G 150%

0.18% Azul Dispersol XF

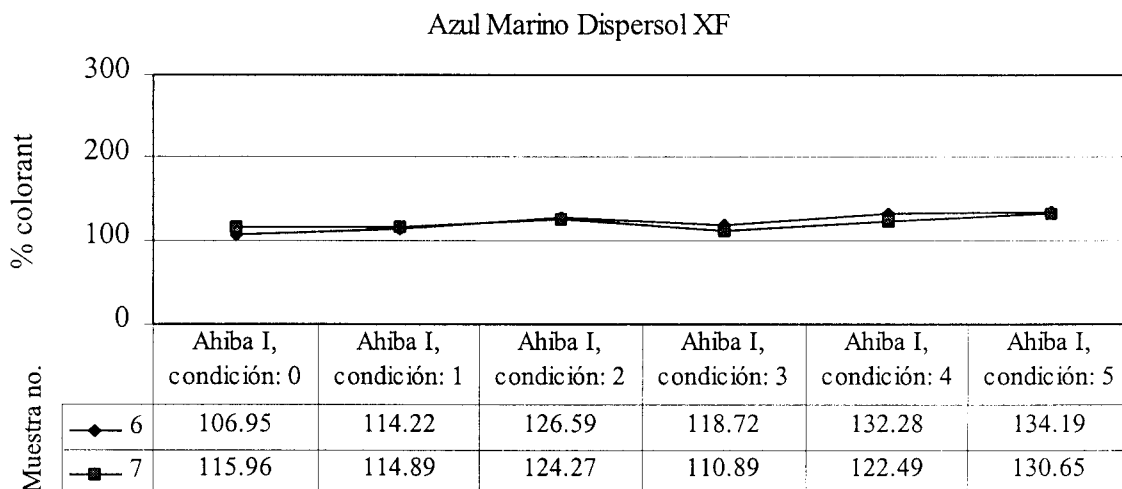
0.15% Azul marino Dispersol XF

Colorantes utilizados en la formulación: Rojo Dispersol C4G 150%, Azul Dispersol XF, Azul Marino Dispersol XF, todos ellos fabricados por BASF.

Es importante hacer notar que la formulación predecida por el espectrofotómetro no incluye ni el Rojo Dispersol C4G ni Azul Dispersol XF.

Fig. 4.16

% de Azul Marino Dispersol XF vs. pruebas de teñido, poliéster 100%



Azul Marino Dispersol XF, las diferencias entre los porcentajes de colorante en el substrato de ambas muestras, son mínimas, debido a que se trata del mismo estilo de material. Las mejores condiciones son las obtenidas en las pruebas 1 y 3, aunque las

condiciones actuales de operación no son muy distantes de los resultados obtenidos en estas dos pruebas. Además es importante hacer notar que en todas las pruebas se obtuvo un valor mayor al 100 (estándar), esto es en todas las muestras la cantidad de color absorbido es mayor que en la muestra de producción.

Este caso es más complejo de determinar, debido a que las predicciones de formulación obtenidas del espectrofotómetro solo incluyen un colorante de los tres utilizados para obtener esta tonalidad. Es probable que no sea necesario utilizar la combinación de colorantes para obtener la tonalidad deseada, y en ese caso es recomendable continuar con las condiciones de operación actuales, o bien incrementar las revoluciones por minuto de la máquina de teñido, esto en orden de mantener durante un mayor tiempo en el baño del líquido causante de la transferencia de calor, y que influye en la coloración.

4.3.4.4. Marfil # 93009

Se tienen cuatro muestras para este color, todas con el mismo estilo.

Cantidad total de colorantes: 0.0051%

Formulación de teñido:

0.0004 % Amarillo Dispersol D7G 200%

0.0039 % Amarillo café Dispersol XF

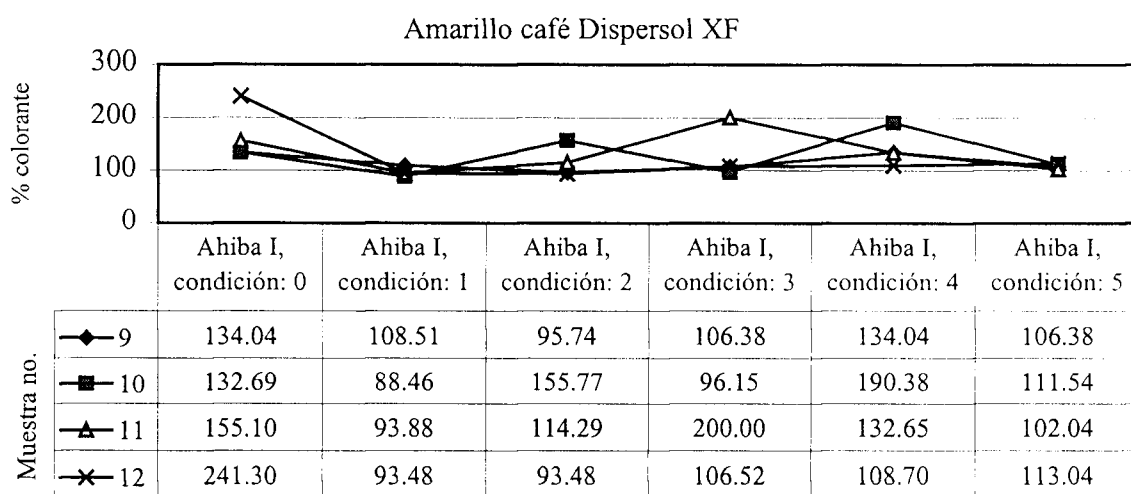
0.0008 % Azul Dispersol XF

Colorantes utilizados en la formulación: Amarillo Dispersol D7G 200%, Amarillo café Dispersol XF, Azul Dispersol XF, todos ellos fabricados por BASF.

La formulación obtenida del espectrofotómetro, como predicción, no incluye el Amarillo Dispersol D7G.

Fig. 4.17

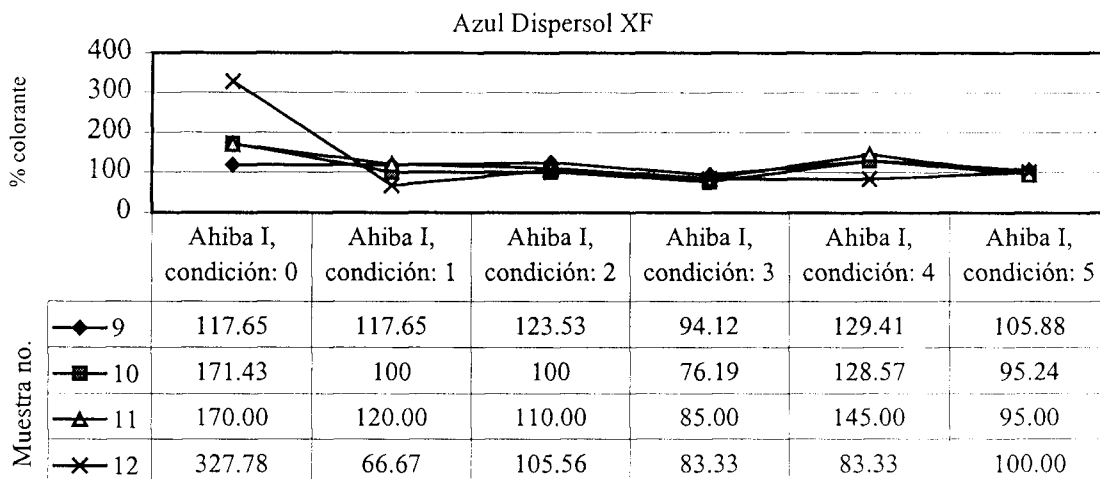
% de Amarillo Café Dispersol XF vs. pruebas de teñido, poliéster 100%



Amarillo café Dispersol XF, las variaciones en concentración entre una muestra y otra son grandes, y no constantes durante las diferentes pruebas, la prueba no. 5 parece ser la más adecuada para este colorante.

Fig. 4.18

% de Azul Dispersol XF vs. pruebas de teñido, poliéster 100%



Azul Dispersol XF, para este colorante la variación en la concentración de colorante es menos notable aunque igualmente variable que en el Amarillo café Dispersol XF, las condiciones que generan un resultado más parecido al obtenido en producción, son las no. 2 y 5.

Para tonalidades claros (menos de 0.5% de colorante) no es necesario un tiempo de agotamiento grande. Esto es simulado en la prueba 5, en donde el tiempo de agotamiento es reducido a la mitad, del tiempo en que actualmente se trabaja en el laboratorio. Las condiciones propuestas en la prueba no. 2, indican una velocidad de rotación menor, lo que provoca que la muestra este dentro del baño de líquido causante de la transferencia de calor, durante un menor tiempo, con lo que tambien se simula un tiempo menor de agotamiento.

Es importante hacer notar que no se tiene un control para el substrato despues de recibir el pretratamiento, esto es existen variaciones entre un lote y otro, lo que tiene gran influencia, en especial en tonalidades claras, como la de este caso.

4.4. Modificación de procedimiento de blanqueo, sustitución de enjuagues.

El pretratamiento de telas es fundamental para lograr un buen teñido, según se explica en la sección correspondiente a la industria textil y los procedimientos que se llevan a cabo en ella. Dentro de los pretratamientos el procedimiento de blanqueo es uno de los que requiere de un mayor número de enjuagues, ya que los productos químicos utilizados para la eliminación de impurezas, generalmente requieren de valores de potencial de hidrógeno (pH) elevados. Debido a ello el material debe ser lavado y enjuagado varias veces para asegurar la neutralización del mismo. La modificación en el procedimiento de blanqueo es posible, aunque es importante hacer notar que antes de eliminar cualquier paso durante el procedimiento, fué necesario comprobar que no afectara el resultado final en el substrato, que es la perfecta preparación del material para el teñido.

Los enjuagues de material que se realizan en el procedimiento actual son a desborde de agua en la máquina, esto es, se llena el compartimiento interior de la máquina con agua limpia, y se continúa la alimentación de agua durante un cierto periodo de tiempo. El excedente de agua es descargada al drenaje, y es por esto que el consumo de agua se incrementa de manera importante. En el procedimiento actual se incluyen enjuagues de material después del proceso químico de blanqueo y durante la neutralización del material. Estos enjuagues pueden ser sustituidos, esto es, el lugar de llevarse a desborde de agua, puede llenarse la máquina con agua limpia una sola vez, manteniendo el material en rotación durante un tiempo determinado, para hacer las veces del enjuague. Después de ello puede llenarse nuevamente la máquina con agua limpia para la siguiente etapa.

El último enjuague de material, después de la neutralización, tiene poco contenido de productos químicos, y este puede ser utilizado como primer baño para el siguiente lote,

puesto que la cantidad de productos químicos y su composición no afectarán el procedimiento de blanqueo, con lo que el ahorro de agua es mayor. A continuación se presentan las tablas con ambos procedimientos de blanqueo (actual y modificado), en donde se incluye además el tiempo de proceso requerido para cada etapa del proceso.

Tabla 4.10

Procedimiento de blanqueo de materiales actual ⁽¹⁾

Programa para blanqueo de materiales, sin modificar		Agua (gal)	Tiempo (min)		
Etapa	Procedimiento		Mantener	Calentamiento	Enfriamiento
0	Cargado de material	---	30.00	---	---
1	Llenado	2300.00	2.56	---	---
2	Adición de químicos	40.00	0.04	---	---
3	mantener 5 min.	---	5.00	---	---
4	Adición de químicos	40.00	0.04	---	---
5	Calentar @ 220 F, a 3F/min, y mantener 20 min	---	20.00	35.00	---
6	Enfriar a 180F	---	---	---	10.00
7	Tirar baño	---	2.60	---	---
8	Llenado	2300.00	2.56	---	---
9	Mantener 15 min	---	15.00	---	---
10	Tirar baño	---	2.60	---	---
11	Llenado	2300.00	2.56	---	---
12	Lavar con 1000 gal	1000.00	1.11	---	---
13	Adición de ácido cítrico	40.00	0.04	---	---
14	Mantener 10 min	---	10.00	---	---
15	Lavar con 250 gal	250.00	0.28	---	---
16	Descargar material	---	30.00	---	---
17	Tirar baño	---	2.60	---	---
TOTAL		8270.00	172.01		

⁽¹⁾ Los resultados mostrados son el promedio de los hallazgos encontrados en 8 lotes analizados.

Tabla 4.11

Procedimiento de blanqueo de materiales modificado ⁽¹⁾

Programa para blanqueo de materiales, modificado		Agua (gal)	Tiempo (min)		
Etapa	Procedimiento		Mantener	Calentamiento	Enfriamiento
0	Cargado de material	---	30.00	---	---
1	Llenado	2300.00	2.56	---	---
2	Adición de químicos	40.00	0.04	---	---
3	Adición de químicos	40.00	0.04	---	---
4	Calentar @ 220F, a 3F/min y mantener 20 min	---	20.00	35.00	---
5	Enfriar a 180F	---	---	---	10.00
6	Tirar baño	---	2.60	---	---
7	Llenado	2300.00	2.56	---	---
8	Mantener 10 min	---	10.00	---	---
9	Tirar baño	---	2.60	---	---
10	Llenado	2300.00	2.56	---	---
11	Adición de ácido cítrico	40.00	0.04	---	---
12	Mantener 10 min	---	10.00	---	---
13	Descargar material	---	30.00	---	---
14	Cargado de material	---	30.00	---	---
15	Mantener 5 min	---	5.00	---	---
16	Tirar baño	---	2.60	---	---
TOTAL		7020.00	175.62 ⁽²⁾		

(1) Los resultados mostrados son el promedio de los hallazgos encontrados en 5 lotes analizados.

(2) El tiempo total en este caso incluye el cargado de material en la máquina del siguiente lote, mantenerlo durante 5 minutos en la máquina y el tirado del baño. Sin lo anterior el tiempo total de proceso es igual a 143.02 min.

El consumo total de agua, siguiendo el procedimiento actual es en promedio de 8270 gal, mientras que con el procedimiento modificado es, en promedio, de 7020 gal, para el primer lote cargado y para los lotes subsecuentes es de 6020 gal en promedio, debido a la modificación indicada en las etapas 14 y 15, en los que se aprovecha el agua del último enjuague del lote anterior para el primer baño del siguiente lote, y al que se debe añadir aproximadamente un volumen de agua de 1000 gal, debido a el agua que absorbe el material y a las pérdidas durante la descarga de material. Con las modificaciones del programa de blanqueo se ahorra entre un 15 a 25% del agua requerida para este pretratamiento.

4.5. Análisis de resultados

En esta sección se discute el análisis de resultados para cada uno de los puntos estudiados y discutidos a lo largo del documento de investigación.

4.5.1. Análisis estadístico de la información.

Los resultados obtenidos en esta sección, son la base de los siguientes puntos, y gracias a el se determinaron las acciones a seguir durante la investigación. Los resultados más importantes que se generaron con este análisis estadístico, son la relación de lotes teñidos BPV (71%), que como se indicó anteriormente es baja comparada con otras compañías del ramo. Además se determinó el número de adiciones, en aquellos lotes que requirieron adición de colorante para obtener el tono deseado (con promedio igual a 1.5 adiciones por lote), y el promedio de agua utilizada por mes (5,568,403 gal) del cual cerca del 22% es utilizado para reprocesar lotes o para realizar adiciones de colorantes y químicos en aquellos lotes que lo requieren.

4.5.2. Fuente de abastecimiento de vapor, y agua caliente y fría.

De acuerdo al análisis de los datos de proceso, el sistema de servicios tiene la suficiente capacidad para proveer vapor, agua caliente y agua fría al sistema de producción, por lo que no es causante de la baja relación de lotes procesados BVP.

4.5.3. Tiempos muertos.

Según los resultados obtenidos del análisis de tiempos muertos dentro del ciclo de teñido, se puede decir que la principal causa de tiempos muertos y causante de problemas en producción, es el atoramiento de tela en la maquinaria durante el ciclo de proceso. Estos

atoramientos de tela son debidos en parte al estilo del material que se esta procesando, que tiene que ver con la fibra del material y tipo de hilo utilizado, el peso del material, el tejido del material; además de la velocidad del riel guiador de la tela. Se encontró que actualmente la velocidad no se fija de acuerdo a estos parámetros y ello forma parte de que se tengan problemas de atoramientos. Un resultado interesante en esta sección, es que los atoramientos de tela poco tienen que ver con la sobrecarga de material en la maquinaria, de acuerdo al criterio establecido por el fabricante.

4.5.4. Reproducibilidad de formulaciones entre laboratorio y planta.

En esta sección se compararon muestras de iguales nombre/número de color. Algunos de los resultados obtenidos fueron sorprendentes y difícilmente se pueden interpretar, aunque se encontró que para colores oscuros, es necesario modificar el procedimiento de teñido del laboratorio, en orden de obtener el mismo resultado que en producción. Esto tiene sentido, debido a que en estas tonalidades oscuras la cantidad de color es grande (mayor a 1.5%) y es difícil lograr el máximo punto de agotamiento a nivel laboratorio. Para muestras con coloraciones en tonos medianos y claros, se encontró que se puede reducir aún más el tiempo de agotamiento y se pueden obtener los mismos resultados que en la producción actual. Para tonalidades claras, se encontró además que el material después del pretratamiento tiene diferente calidad, y debido a esto se tienen diferencias entre lotes de colores similares. Es importante la estandarización en la calidad del material después del pretratamiento, en especial para estas coloraciones claras.

Un punto importante en esta sección es que no se tienen almacenados todos los colores dispersos utilizados actualmente en la empresa A en la memoria del espectrofotómetro utilizado para realizar las primeras predicciones de las fórmulas de teñido. Además en algunas de las predicciones de formulación requeridas incluyen solo

parte de los colorantes utilizados, en este caso es difícil decir si la predicción es correcta, o si la coloración se puede obtener con menos colorantes que los que originalmente se utilizaron.

4.5.5. Modificaciones en el procedimiento de blanqueo.

Los resultados obtenidos en esta sección son claros, las modificaciones en el procedimiento de blanqueo, indican que la reducción en el consumo de agua es importante (entre 15 y 25%), que directamente implica una reducción en los costos de producción.

5. CONCLUSIONES

Se puede lograr un eficiente uso de agua en el proceso de teñido de fibras textiles cambiando los parámetros básicos de operación de la maquinaria de producción a valores que, eviten los tiempos muertos y mejorando la reproducibilidad de las fórmulas de teñido (entre el laboratorio y la planta)

No es posible generalizar los parámetros para obtener una coloración controlada, puesto que para cada empresa textil estos parámetros son diferentes, de acuerdo a la maquinaria, procesos y materiales procesados. Lo que si posible es definir los lineamientos que deben evaluarse para lograr la coloración controlada, y con ello el uso eficiente del agua en la operación de teñido de textiles. Se debe iniciar con la auditoría interna del proceso, para conocer la situación actual de producción de la empresa, y definir prioridades.

Después de tener un panorama claro de la situación actual en la tintorería, se deben revisar los procedimientos del laboratorio, compararlos con los que se siguen en producción, y determinar las condiciones de trabajo que deben seguirse durante el ciclo de teñido para que se reproduzcan los resultados de las formulaciones en ambos sitios. Paralelamente, las capacidades de las máquinas de producción, problemas más comunes deben ser evaluados, así como también los servicios generales que requiere la maquinaria para hacer eficientes los ciclos de teñido.

En el caso particular estudiado, (empresa A), la auditoría inicial del proceso mostró valores de lotes teñidos BPV del 71% en promedio de siete meses estudiados. Este valor se considera por debajo de lo que se tiene en empresas competitivas (85%). Las causas de esto son los problemas mecánicos durante el ciclo de teñido, que principalmente son

debidos al atoramiento del material dentro de la máquina. Estos atoramientos son debidos en parte al estilo del material y a la forma de selección de la velocidad del riel guiador que se tiene actualmente. Las diferencias entre las velocidades del riel guiador entre las dos máquinas en estudio muestran que en la máquina #8, donde se trabaja a velocidades mayores, el porcentaje del tiempo de proceso perdido en problemas durante el ciclo de teñido es mayor (12%), que en la máquina #3 en la que estas velocidades son ligeramente menores (8%). Se recomiendan valores de entre 300 a 350 m/min para evitar los atoramientos de tela en general, e iguales velocidades para iguales substratos en ambas máquinas.

En cuanto a la reproducibilidad entre las formulaciones de teñido entre el laboratorio y la planta, las pruebas realizadas, para sustrato poliéster 100%, muestran que para coloraciones oscuras deben emplearse tiempos de agotamiento de los colorantes, mayores que para aquellas tonalidades medias o claras en las que un factor importante es la preparación correcta del material, significando esto que después del pretratamiento y antes del teñido del material, se debe verificar que efectivamente se tiene la misma tonalidad en el material, para evitar variaciones en la coloración posterior.

Referente al pretratamiento de materiales, el blanqueo en específico, las modificaciones en el procedimiento, arrojaron datos interesantes de ahorro de agua hasta en un 25%, con la modificación en las etapas de enjuague del material y el reuso del agua utilizada en el último enjuague de la etapa de neutralización en el siguiente lote.

6. RECOMENDACIONES Y FUTUROS PROYECTOS.

6.1. Recomendaciones.

Los resultados obtenidos del presente trabajo de investigación, no pueden ser utilizados directamente en otras empresas textiles, puesto que cada una de ellas tendrá diferentes variables, que la hacen única. El procedimiento de investigación seguido en esta tesis puede ser aplicado para determinar los puntos claves de la generación de lotes mal procesados, y en consecuencia elevados consumos de agua, en otras empresas, pero deberán aplicarse criterios de evaluación particulares, según los hallazgos que se tengan, y la naturaleza de los mismos.

6.2. Futuros proyectos.

De acuerdo a lo indicado en la sección anterior, los futuros proyectos propuestos se basan en la continuidad de la investigación en la empresa A.

6.2.1. Estandarización del procedimiento de pre tratamiento del material, para la reproducibilidad de los colores obtenidos en producción.

6.2.2. Experiencias de la aplicación de parámetros fijos en las máquinas de laboratorio para lograr la reproducibilidad, entre el laboratorio y la planta, de las formulaciones de teñido, para poliéster 100%.

6.2.3. Optimización del proceso de teñido para lograr la disminución del volumen de agua requerido, mediante la modificación de etapas.

6.2.4. Determinación de la velocidad específica del riel guiador de la tela y apertura de la válvula de aire de succión, para substratos poliéster-licra, en máquinas de teñido semicontinuas Then o similares, para la eliminación de tiempos muertos de teñido.

APÉNDICE A

Tabla de resultados obtenidos en las muestras de poliéster 100%.

Tabla A-1

Teñido de poliéster 100%, tabla de resultados

No. muestra	Nombre del color	Número de color	Colorante	Concentración de colorante, %					
				Ahiba I, condición:	Ahiba I, condición:	Ahiba I, condición:	Ahiba I, condición:	Ahiba I, condición:	Ahiba I, condición:
				0	1	2	3	4	5
1	Black	82731	Amarillo Dispersol D7G	73.65	127.08	88.36	68.87	96.81	49.39
			Rojo Dispersol C4G	97.26	114.56	96.12	102.29	95.04	80.17
			Negro Dispersol XF	99.83	110.62	103.04	101.89	98.86	96.96
2	Black	82731	Amarillo Dispersol D7G	118.69	126.05	132.13	75.93	114.72	80.49
			Rojo Dispersol C4G	120.19	117.31	110.53	103.05	103.62	92.73
			Negro Dispersol XF	112.66	106.06	102.20	99.89	104.66	103.93

Tabla A-1 (continuación)...

No. muestra	Nombre del color	Número de color	Colorante	Concentración de colorante, %						
				Ahiba I, condición:	Ahiba I, condición:	Ahiba I, condición:	Ahiba I, condición:	Ahiba I, condición:	Ahiba I, condición:	
				0	1	2	3	4	5	
3	Black	82731	Amarillo							
			Dispersol D7G	170.03	150.00	129.62	100.87	118.99	84.67	
			Rojo							
			Dispersol C4G	126.08	112.48	107.39	107.50	97.88	90.39	
			Negro							
			Dispersol XF	109.38	103.36	100.79	97.00	95.37	99.35	
4	Black	82857	Amarillo							
			Intrasil 2GW	127.54	194.20	169.57	160.87	94.20	124.64	
			Rojo							
			Intrasil FTS	52.52	159.64	125.22	157.27	70.03	125.22	
			Negro							
			Disperse Rite E-EX	88.85	74.42	78.00	75.64	83.35	76.30	
5	Black	82857	Amarillo							
			Intrasil 2GW	136.36	116.88	142.86	127.27	90.91	79.22	
			Rojo							
			Intrasil FTS	354.05	218.24	306.08	354.73	186.49	231.08	
			Negro							
			Disperse Rite E-EX	91.01	94.85	90.23	85.89	95.36	91.06	

Tabla A-1 (continuación)...

No. muestra	Nombre del color	Número de color	Colorante	Concentración de colorante, %					
				Ahiba I, condición:	Ahiba I, condición:	Ahiba I, condición:	Ahiba I, condición:	Ahiba I, condición:	Ahiba I, condición:
				0	1	2	3	4	5
6	Chambray	53616	Rojo Dispersol C4G ⁽¹⁾	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			Azul Dispersol XF ⁽¹⁾	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			Azul Marino Dispersol XF	106.95	114.22	126.59	118.72	132.28	134.19
7	Chambray	53616	Rojo Dispersol C4G ⁽¹⁾	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			Azul Dispersol XF ⁽¹⁾	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			Azul Marino Dispersol XF	115.96	114.89	124.27	110.89	122.49	130.65

Tabla A-1 (continuación)...

No. muestra	Nombre del color	Número de color	Colorante	Concentración de colorante, %					
				Ahiba I, condición:	Ahiba I, condición:	Ahiba I, condición:	Ahiba I, condición:	Ahiba I, condición:	Ahiba I, condición:
				0	1	2	3	4	5
8	Ecrú	92880	Amarillo Intrasil 2GW	100.00	100.00	100.00	100.00	66.67	200.00
			Naranja Intrasil 2GR	107.14	107.14	92.86	92.86	150.00	171.43
			Azul Resolin KFBL	100.00	133.33	200.00	133.33	200.00	233.33
9	Ivory	93009	Amarillo Dispersol D7G ⁽¹⁾	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			Amarillo café Dispersol XF	134.04	108.51	95.74	106.38	134.04	106.38
			Azul Dispersol XF	117.65	117.65	123.53	94.12	129.41	105.88

Tabla A-1 (continuación)...

No. muestra	Nombre del color	Número de color	Colorante	Concentración de colorante, %					
				Ahiba I, condición:	Ahiba I, condición:	Ahiba I, condición:	Ahiba I, condición:	Ahiba I, condición:	Ahiba I, condición:
				0	1	2	3	4	5
10	Ivory	93009	Amarillo Dispersol D7G ⁽¹⁾	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			Amarillo café Dispersol XF	132.69	88.46	155.77	96.15	190.38	111.54
			Azul Dispersol XF	171.43	100.00	100.00	76.19	128.57	95.24
11	Ivory	93009	Amarillo Dispersol D7G ⁽¹⁾	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			Amarillo café Dispersol XF	155.10	93.88	114.29	200.00	132.65	102.04
			Azul Dispersol XF	170.00	120.00	110.00	85.00	145.00	95.00

Tabla A-1 (continuación)...

No. muestra	Nombre del color	Número de color	Colorante	Concentración de colorante, %					
				Ahiba I, condición: 0	Ahiba I, condición: 1	Ahiba I, condición: 2	Ahiba I, condición: 3	Ahiba I, condición: 4	Ahiba I, condición: 5
12	Ivory	93009	Amarillo Dispersol D7G ⁽¹⁾	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			Amarillo café Dispersol XF	241.30	93.48	93.48	106.52	108.70	113.04
			Azul Dispersol XF	327.78	66.67	105.56	83.33	83.33	100.00
13	Lilac ⁽²⁾	62847	Rojo Brillante Intrasil 2B						
			Azul Resolin KFBL 300%						
			Dianix Violet 4RSN						

Tabla A-1 (continuación)...

No. muestra	Nombre del color	Número de color	Colorante	Concentración de colorante, %					
				Ahiba I, condición:	Ahiba I, condición:	Ahiba I, condición:	Ahiba I, condición:	Ahiba I, condición:	Ahiba I, condición:
				0	1	2	3	4	5
14	Lt. Blue	53641	Amarillo Intrasil 2GW	0.00	0.00	200.00	250.00	100.00	0.00
			Azul Intrasil BNA	325.45	341.82	130.91	109.09	238.18	614.55
			Azul Resolin KFBL 300%	73.19	86.23	118.84	115.22	92.03	44.93
15	Plum	62881	Amarillo Dipersol D7G	103.57	78.57	64.29	50.00	46.43	110.71
			Rojo Dipersol CVS	115.43	107.44	122.31	108.26	111.57	120.39
			Azul Dipersol XF	87.29	94.00	95.43	97.76	97.85	100.72

(1) Este colorante no se incluye en la predicción de la fórmula.

(2) No se tienen almacenados las muestras estándar del colorante Rojo Brillante Intrasil 2B en el espectrofotómetro, por lo que no es posible realizar la predicción de la fórmula.

APÉNDICE B

Teñido de poliéster-licra, con colorantes dispersos a 120°C

A continuación se describen las pruebas de teñido realizadas en poliéster-licra, en la máquina de teñido Mathis, modelo Labomat, Tipo BFA-16. Los vasos de teñido para muestras utilizados tienen capacidad de 300 ml. La transferencia de calor se logra mediante un radiador infra rojo.

Tabla B-1

Descripción de las condiciones de prueba de teñido para poliéster-licra

Prueba no.	Condiciones	Procedimiento no.				Velocidad de rotación rpm
		0	1	2	3	
0	Tiempo, (min)	0	24	60	28	45
	Temperatura, (C)	60	120	120	50	
1	Tiempo, (min)	0	24	90	28	45
	Temperatura, (C)	60	120	120	50	
2	Tiempo, (min)	0	24	30	28	45
	Temperatura, (C)	60	120	120	50	

Las gráficas que a continuación se presentan muestran las condiciones de cada una de las pruebas realizadas.

Fig. B-1

Teñido de poliéster-licra, prueba 0

Condiciones normales, prueba no. 0

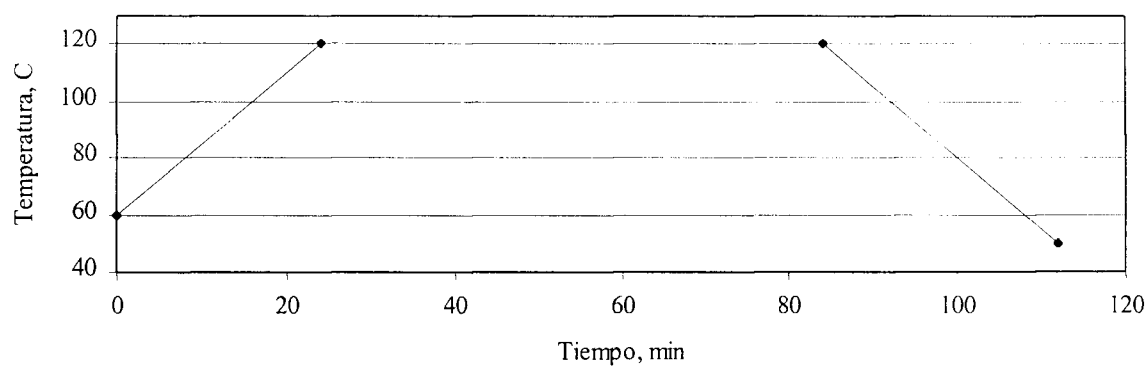


Fig. B-2

Teñido de poliéster-licra, prueba 1

Prueba no. 1

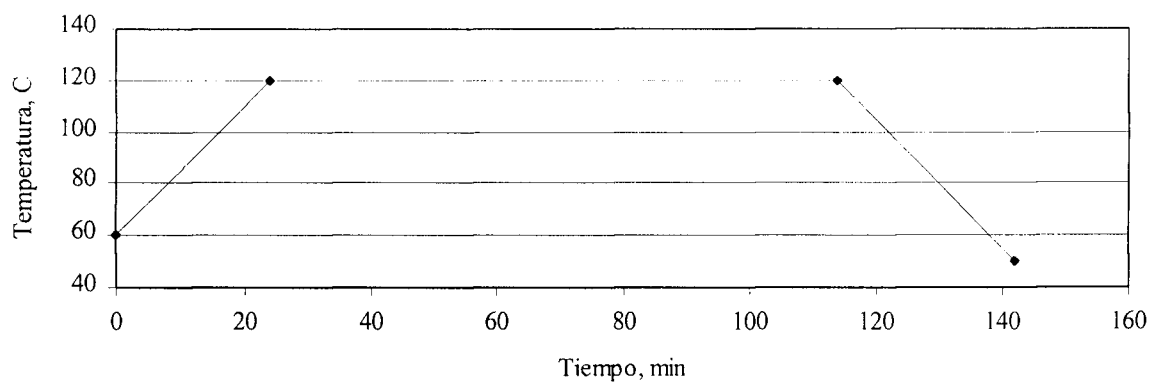
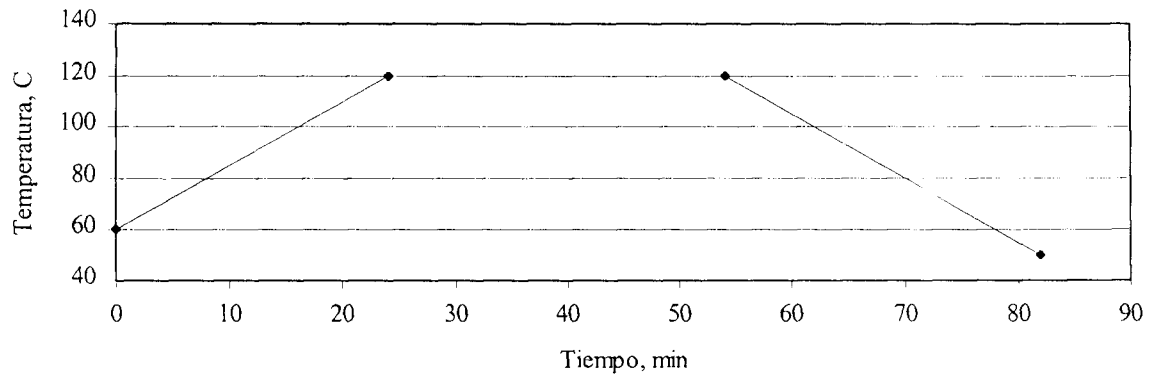


Fig. B-3

Teñido de poliéster-licra, prueba 2

Prueba no. 2



Identificación de las muestras

Tabla B-2

Teñido de poliéster-licra, identificación de muestras

Número de identificación de la muestra	Máquina no.	Fecha de toma de muestra	Estilo	Nombre del color	Número de color
1	3	9/18/97	3325	Negro	82831
2	3	9/18/97	110	Café	42950
3	3	8/28/97	112	Azul Marino	53567
4	3	9/3/97	112	Azul Marino	53567
5	3	8/28/97	110	Azul rey	53598

Resultados de las muestras comparadas

Azul Marino # 53567

Dos muestras con mismo estilo

Cantidad total de colorantes: 2.039% (tonalidad oscura).

Colorantes utilizados en la formulación: Amarillo Intrasil 2GW, Rojo Intrasil FTS, Azul Marino Intrasil HRS

Fig. B-4

% Amarillo Intrasil 2GW vs. pruebas de teñido, poliéster-licra

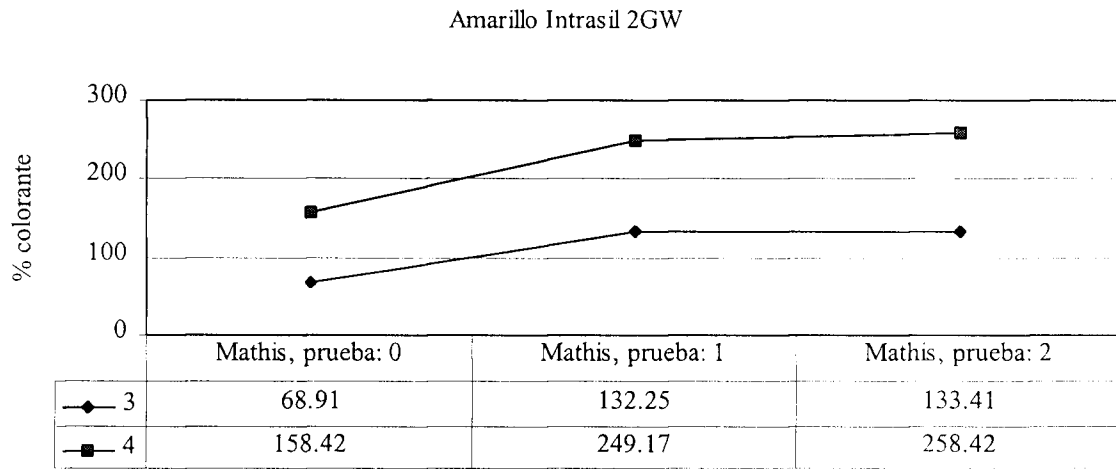


Fig. B-5%

Rojo Intrasil FTS vs. pruebas de teñido, poliéster-licra

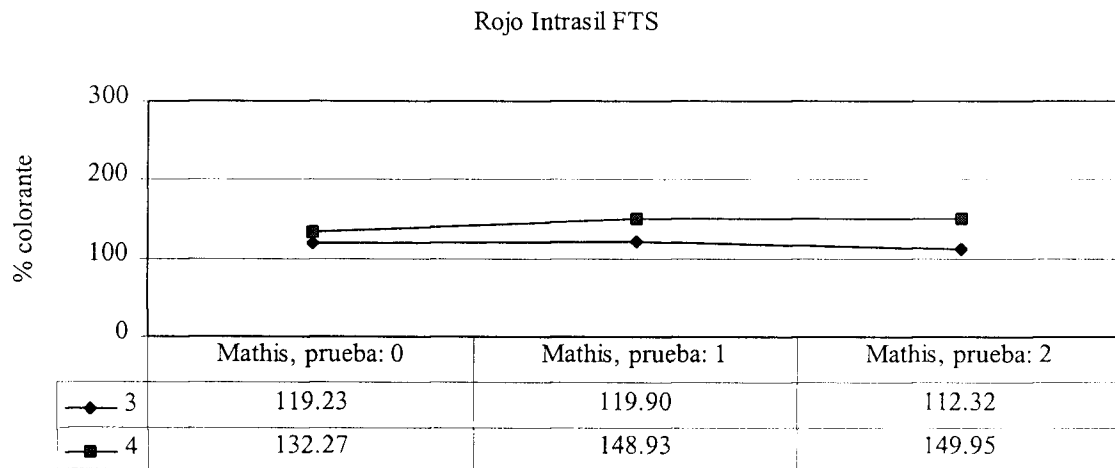


Fig. B-6

% Azul Marino Intrasil HRS vs. pruebas de teñido, poliéster-licra

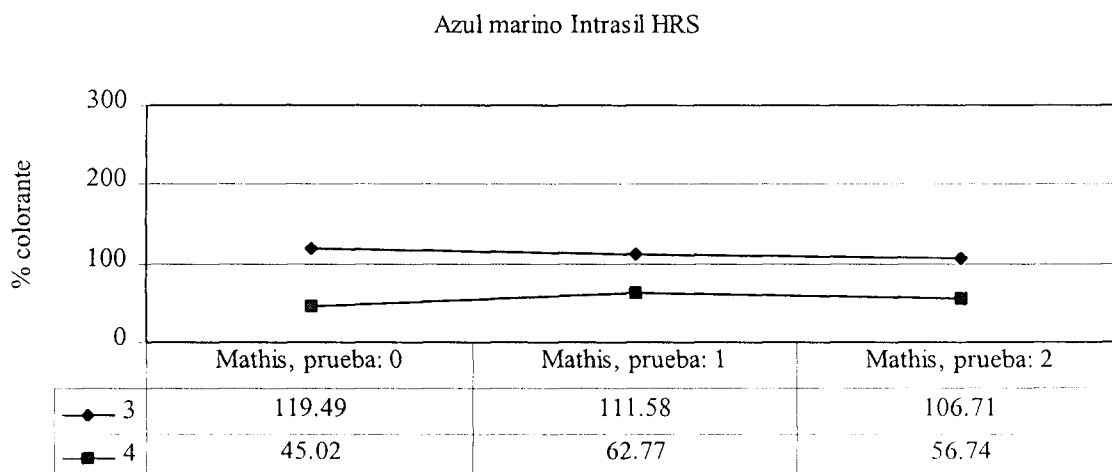


Tabla de resultados obtenidos en las muestras de poliéster-licra.

Tabla B-3

No. muestra	Nombre del color	Número de color	Colorante	Concentración de colorante, %		
				Mathis, prueba: 0	Mathis, prueba: 1	Mathis, prueba: 2
1	Negro ⁽¹⁾	82831	Amarillo Dispersol CVS	---	---	---
			Azul Brillante Intrasil BNA	---	---	---
			Negro Dispersol CVS	---	---	---

Tabla B-3 (continuación...)

No. muestra	Nombre del color	Número de color	Colorante	Concentración de colorante, %		
				Mathis, prueba: 0	Mathis, prueba: 1	Mathis, prueba: 2
2	Café	42950	Amarillo Intrasil 2GW	130.48	92.15	117.24
			Rojo Intrasil FTS	27.79	116.59	125.93
			Azul Marino Intrasil HRS	575.51	126.13	131.53
3	Azul Marino	53567	Amarillo Intrasil 2GW 200%	68.91	132.25	133.41
			Rojo Intrasil FTS	119.23	119.90	112.32
			Azul Marino Intrasil HRS 200%	119.49	111.58	106.71
4	Azul Marino	53567	Amarillo Intrasil 2GW 200%	158.42	249.17	258.42
			Rojo Intrasil FTS	132.27	148.93	149.95
			Azul Marino Intrasil HRS 200%	45.02	62.77	56.74
5	Azul Rey	53598	Azul Intrasil BNA 200%	33.16	870.91	205.71
			Azul Dispersol XF	99.85	96.43	113.47

(1) No se tienen almacenados las muestras estándar del colorante Negro Dispersol CVS en el espectrofotómetro, por lo que no es posible realizar la predicción de la fórmula.

APÉNDICE C

Teñido de algodón, con colorantes reactivos (baja temperatura, 60° C).

Todas las pruebas realizadas en algodón 100%, fueron realizadas en la máquina de teñido de laboratorio 1, marca Ahiba, modelo Polymat con unidad de control modelo PC 100. Los vasos de teñido para muestras utilizados tienen capacidad de 150 ml. El medio de transferencia de calor es Polietilen glicol.

Tabla C-1

Descripción de las condiciones de prueba de teñido para algodón 100%

Prueba no.	Condiciones	Procedimiento no.					Velocidad de rotación rpm
		0	1	2	3	4	
0	Tiempo, (min)	0	5	10	90	15	35
	Temperatura, (C)	40	40	60	60	40	
1	Tiempo, (min)	0	5	10	120	15	35
	Temperatura, (C)	40	40	60	60	40	
2	Tiempo, (min)	0	5	10	60	15	35
	Temperatura, (C)	40	40	60	60	40	

Las gráficas que a continuación se presentan muestran las condiciones de cada una de las pruebas realizadas.

Fig. C-1

Teñido de algodón 100%, prueba 0

Condiciones normales, prueba no. 0

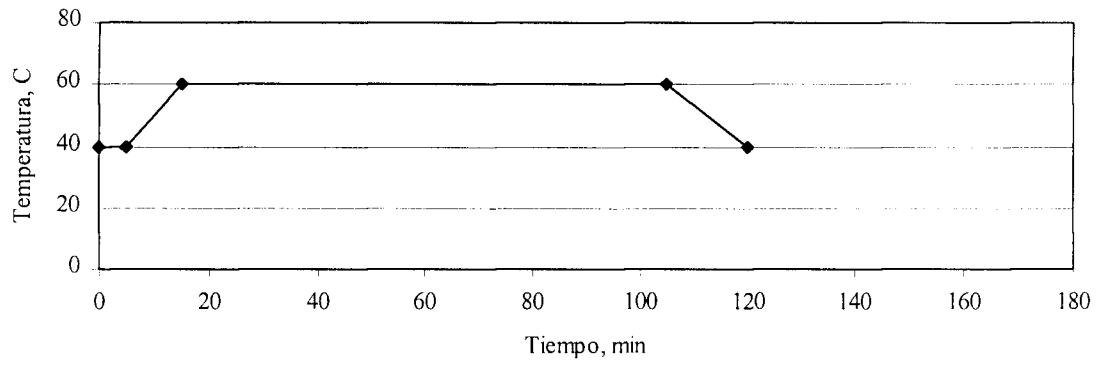


Fig. C-2

Teñido de algodón 100%, prueba 1

Prueba no. 1

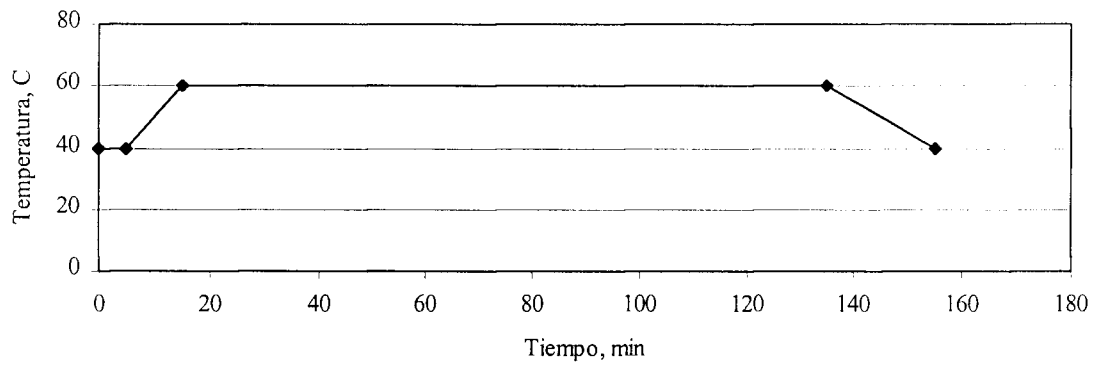
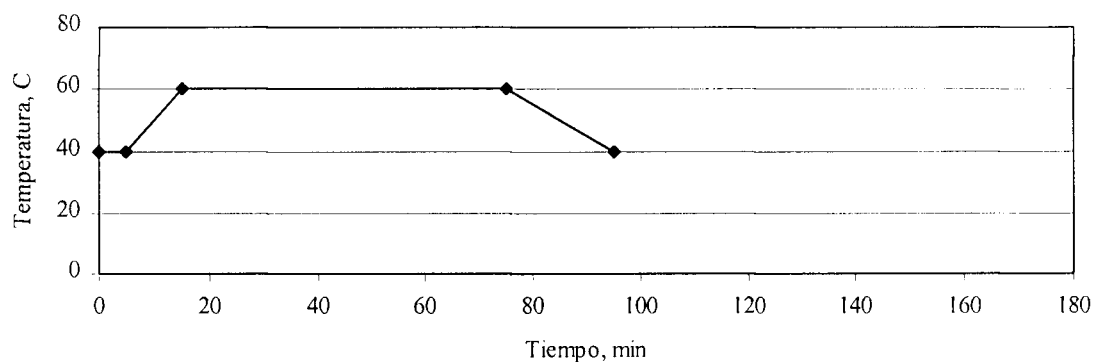


Fig. C-3

Teñido de algodón 100%, prueba 2

Prueba no. 2



Identificación de las muestras

Tabla C-2

Teñido de algodón 100%, identificación de muestras.

Número de identificación de la muestra	Máquina no.	Fecha de toma de muestra	Estilo	Nombre del color	Número de color
1	8	18/09/97	3329	Negro	82854
2	8	22/08/97	3130	Azul insignia	53625
3	8	15/09/97	2018	Rojo	33530
4	3	10/09/97	3201	Flor silvestre	62912
5	8	20/09/97	3130	Vino	33532
6	3	24/09/97	2018	Azul marino	53491

Las muestras colectadas son de diferentes colores, por lo que no se puede realizar una comparación de los resultados obtenidos.

Los resultados obtenidos se tabulan a continuación,

Tabla C-3

Teñido de algodón 100%, tabla de resultados.

No. muestra	Nombre del color	Número de color	Colorante	Concentración de colorante, %		
				Ahiba II, prueba: 0	Ahiba II, prueba: 1	Ahiba II, prueba: 2
1	Negro	82854	Amarillo Apollofix TR	---	2045.95	1015.72
			Rojo Apollofix SF-KB	---	159.57	109.74
			Negro Rhodazol SFX liq.	---	98.74	110.75
2	Azul Insignia	53625	Amarillo Apollofix TR	93.25	114.59	108.47
			Rojo Apollofix SF-KB	102.11	118.27	109.31
			Azul Marino Triactive DFRGB	86.95	113.20	105.06
3	Rojo	33530	Rojo Apollofix SF-KB	0.00 (1)	10223.99	9123.99
			Escarlata Triactive DF2GF	221.00	5.72	9.58

Tabla C-3 (continuación...)

No. muestra	Nombre del color	Número de color	Colorante	Concentración de colorante, %		
				Ahiba II, prueba: 0	Ahiba II, prueba: 1	Ahiba II, prueba: 2
4	Flor silvestre	62912	Amarillo Apollofix TR	70.11	---	100.38
			Rojo Apollofix SF-KB	91.88	---	127.90
			Azul brillante Apollozol R Spe.	101.72	---	144.85
5	Vino	33532	Amarillo Apollofix TR	133.26	150.32	144.02
			Rojo Apollofix SF-KB	147.16	150.32	158.03
			Azul Marino Remazol RGB	97.35	66.21	66.03
6	Azul Marino	53491	Amarillo Apollofix TR	107.77	105.07	99.18
			Rojo Apollofix SF-KB	133.66	130.84	114.50
			Azul Marino Remazol RGB	91.23	91.70	99.05

(1) La predicción de la formulación para esta muestra no contiene este colorante.

APÉNDICE D

Teñido de poliéster-algodón, con colorantes dispersos y reactivos (alta temperatura).

Todas las pruebas se realizaron en el teñido de algodón. El teñido de poliéster para todas las muestras es estándar, y se realizó en la máquina de teñido de laboratorio 1, a condiciones normales. El teñido de algodón se realizó en la máquina de teñido de laboratorio 2, marca Ahiba, de iguales características que la máquina 1 (ver descripción en 5.4.1.)

Tabla D-1

Descripción de las condiciones de prueba de teñido para poliéster-algodón.

Prueba no.	Condiciones	Procedimiento no.					Velocidad de rotación rpm
		0	1	2	3	4	
0 ⁽¹⁾	Tiempo, (min)	0	20	90	20	0	35
	Temperatura, (C)	50	85	85	50	60	
1 ⁽²⁾	Tiempo, (min)	0	20	90	20	0	35
	Temperatura, (C)	50	85	85	50	60	
2 ⁽¹⁾	Tiempo, (min)	0	20	110	20	0	35
	Temperatura, (C)	50	85	85	50	60	

(1) Adición de Sulfato de Sodio y Carbonato de Sodio al inicio de la prueba

(2) Adición de Sulfato de Sodio al inicio de la prueba, de Carbonato de Sodio 30 minutos después de alcanzada la temperatura de 85 °C.

Las gráficas que a continuación se presentan muestran las condiciones de cada una de las pruebas realizadas.

Fig. D-1

Teñido de poliéster – algodón, prueba 0

Condiciones normales, prueba no. 0

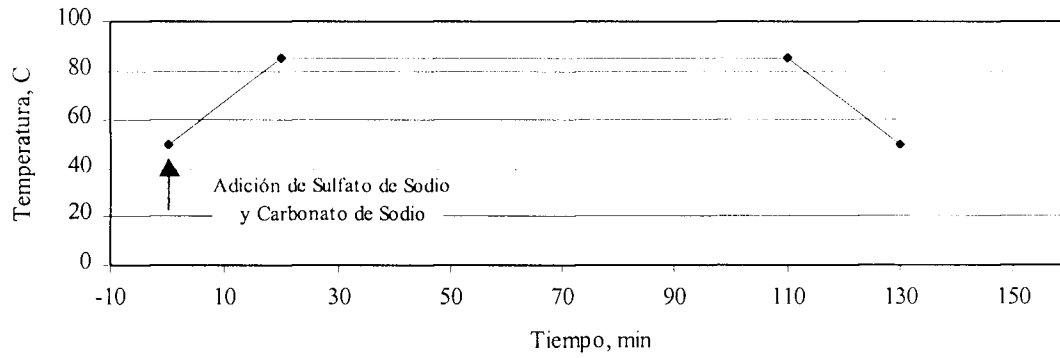


Fig. D-2

Teñido de poliéster – algodón, prueba 1

Prueba no. 1

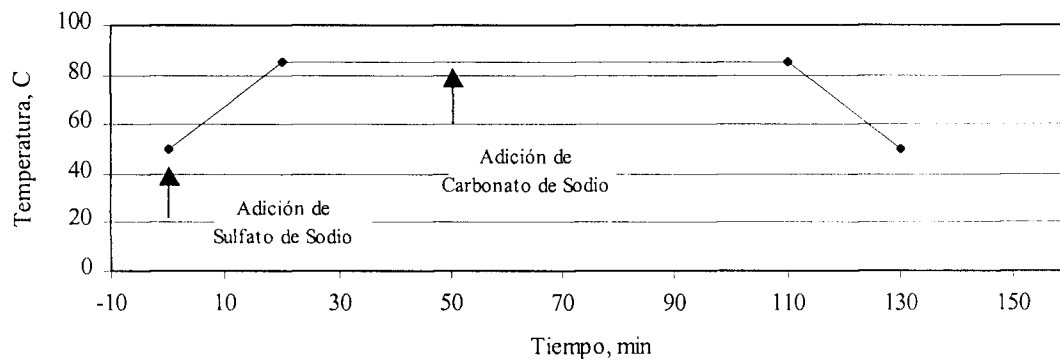
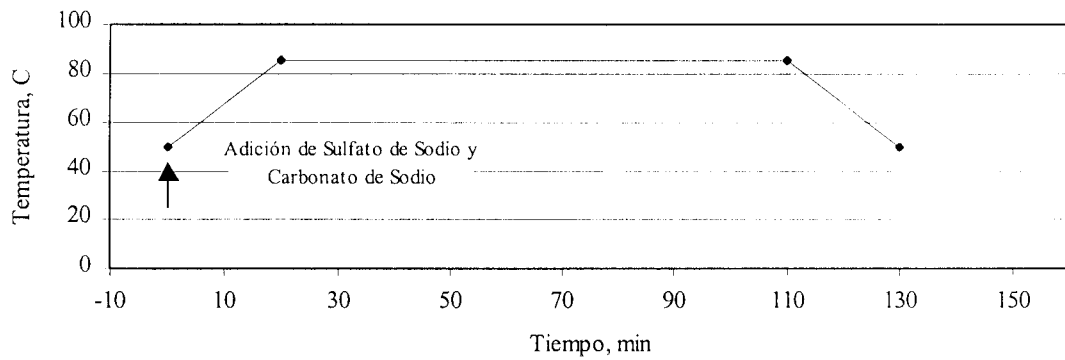


Fig. D-3

Teñido de poliéster – algodón, prueba 2

Prueba no. 2



Identificación de las muestras

Tabla D-2

Teñido de poliéster – algodón, identificación de muestras

Número de identificación de la muestra	Máquina no.	Fecha de toma de muestra	Estilo	Nombre del color	Número de color
1	3	10/09/97	2489	Lima	73347
2	8	26/08/97	3012	Turquesa	53619

Las muestras colectadas son de diferentes colores, por lo que no se puede realizar una comparación de los resultados obtenidos.

Los resultados obtenidos se tabulan a continuación.

Tabla de resultados obtenidos en las muestras de poliéster-algodón.

Tabla D-3

Teñido de poliéster – algodón, tabla de resultados

No. muestra	Nombre del color	Número de color	Colorante	Concentración de colorante, %		
				Ahiba II, prueba: 0	Ahiba II, prueba: 1	Ahiba II, prueba: 2
1	Lima	73347	Flavina Procion HEXL	0.00	0.00	0.00
			Verde Triactive H3G	49.10	52.42	36.63
2	Turquesa	53619	Turquesa Apollocion HA	120.34	131.69	124.38

GLOSARIO DE TÉRMINOS TÉCNICOS.

C

Colorantes. Colorante o tinte es una sustancia orgánica coloreada, o no coloreada, que se utiliza para dar color a un objeto determinado o a una tela. Son muchas las sustancias orgánicas coloreadas; sin embargo, son comparativamente pocas las que se pueden utilizar como colorantes. Para ser utilizable como tal, el compuesto debe ser firme, esto es, permanecer en el tejido u objeto de que se trate durante la limpieza o el lavado. Ello requiere que el colorante esté unido de un modo u otro a la tela.

Concentración de colorantes y químicos en el sustrato. La forma de expresar la cantidad de colorantes y químicos que contiene un material, es en % sobre el peso del material.

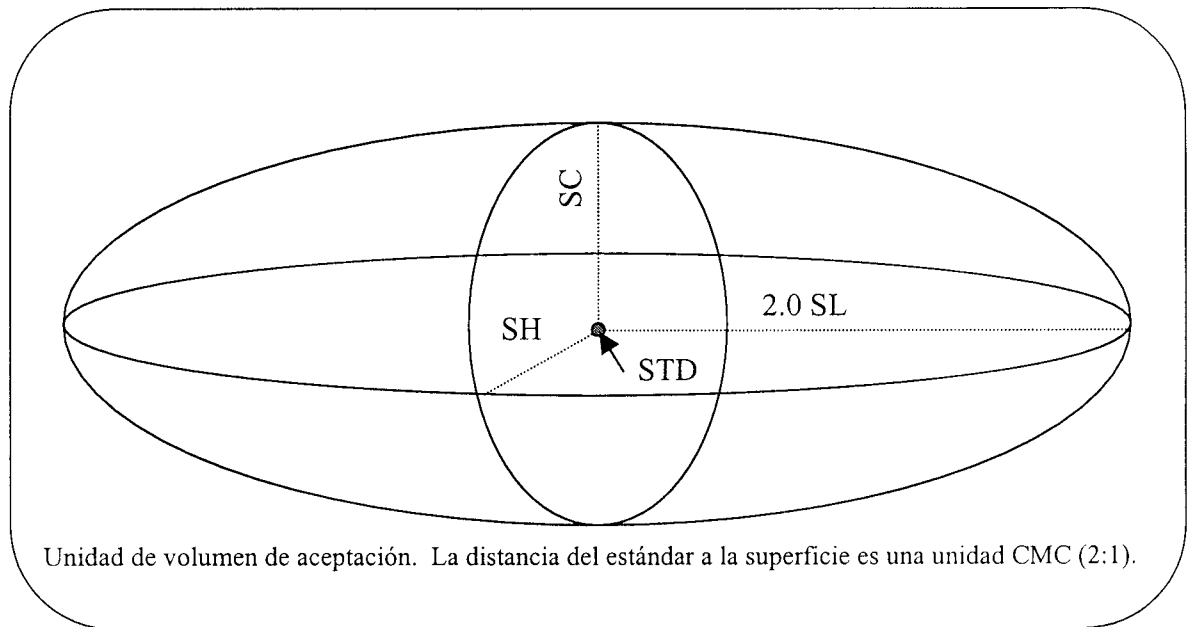
Cuerda de tela. Dícese de la unión de varias piezas de tela, mediante la costura con hilo resistente, para formar una sola unidad. Esta operación se realiza para facilitar el teñido de varias piezas, en una misma tonalidad o coloración en un solo paso.

D

Delta E. Delta E (DE) en la evaluación de diferencia de color, es el número unitario que define la diferencia total de color en unidades CMC, entre un estándar y una muestra coloreadas. DE es un valor tridimensional de diferencia de color.. Las unidades CMC, en la evaluación de diferencia de color, es la medida de aceptación expresada en términos de

los límites de la elipsoide de aceptación CMC, $DE_{cmc}=1.0$. CMC es un acrónimo para el Comité de Medición de Color (Colour Measurement Committee), en la sociedad de Tintoreros y Coloristas (Society of Dyers and Colourists) por sus siglas en inglés.

Elipsoide de Aceptación ⁽¹⁾



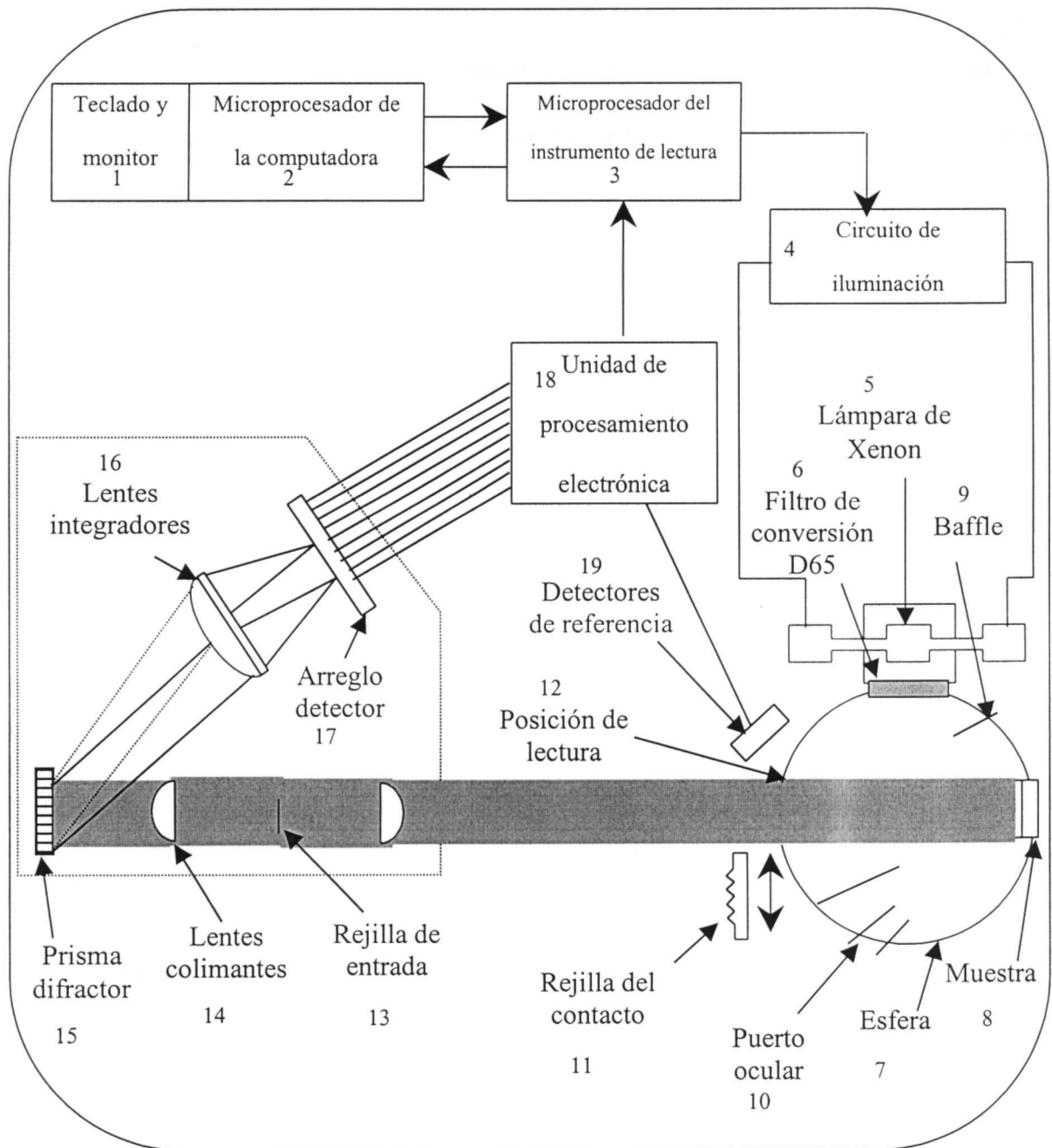
(1) Fuente: Technical Manual of the American Association of Textile Chemists and Colorists, 1991.

Descruce. Proceso utilizado en la industria textil para eliminar el engomado de las fibras, aplicado para que en el proceso de tejido no se desfilamenten las fibras; y que interfiere en el proceso de teñido. Este proceso depende del tipo de encolante o goma que se haya aplicado a las fibras. Se lleva a cabo antes del teñido.

E

Espectrofotómetro Macbeth 1500/PLUS, sistema de esfera geométrica. Este instrumento se utiliza para realizar mediciones de diferencia de color entre un estándar y una muestra. La operación del instrumento se explica a continuación, el operador esta situado en el teclado de la computadora (1) el cual dirige los comandos a través del microprocesador de la computadora (2) hacia el microprocesador del instrumento de lectura. Este genera una descarga en el circuito de iluminación (4) que a su vez genera un haz de luz en la lámpara de Xenon(5). El haz de luz generado pasa a través del filtro de conversión D65 (6) que filtra y afina la luz del espectro para aproximarla al estándar de iluminación del CIE, D65. El haz de luz es entonces dirigido hacia el interior de la esfera integradora (7) en donde se ilumina la muestra (8). Los baffles (9) previenen interferencias de iluminación debidas al puerto de lectura (10). La rejilla del contacto (11) es un prisma que automáticamente se mueve a la posición de lectura (12) para obtener medidas de referencia de las paredes de la esfera. El haz de luz entra en el analizador espectral y es dirigido hacia la entrada de la rejilla (13) que determina la resolución de la longitud de onda del sistema. El haz es entonces transmitido a través de lentes colimadores (14) que dirigen el haz hacia el prisma difractor (15). Este último dispersa la luz en el espectro y lo refleja a través de lentes integradores (16), que dirigen el espectro hacia el arreglo detector (17). El arreglo detector (17) esta conformado por fotodiodos de silicon en estado sólido, con 20 canales espaciados a intervalos de 20 nm. La luz se mide por el canal detector de cada longitud de onda. Cada detector transmite una señal hacia la unidad de procesamiento electrónica (18). Los dos detectores de referencia (19) son usados para medir la intensidad y el color del tubo de descarga, y permitir la compensación de las variaciones en el pulso del color entre el tubo de descarga y la salida.

Espectrofotómetro Macbeth 1500/PLUS, sistema de esfera geométrica ⁽¹⁾



(1) Fuente Macbeth, Division of Kollmorgen Instruments Corporation

Empresa textil. Ramo industrial dedicado a la elaboración de fibras, el tejido de las mismas y al teñido y acabado de fibras y textiles.

F

Fibras. Conjunto de filamentos de materiales naturales, artificiales y sintéticos, en formas continua (hilos) o entrecortada (greña), que se utilizan en la fabricación de artículos textiles.

G

Gomas o encolantes. En la industria textil, sustancias químicas que se utilizan para proteger los hilos de la abrasión o desfilamentación durante el tejido de telas o artículos textiles.

P

Puertos de teñido. En las máquinas discontinuas de teñido, tipo *jet*, cada una de las puertas de la maquinaria son llamados puertos de teñido. En cada una de ellas puede colocarse una o dos cuerdas de tela, dependiendo de la capacidad de la máquina.

S

Sistema de fin de tubo. Es aquel que se basa en la recolección de todos los flujos de desechos en un solo punto para su tratamiento. Generalmente los sistemas de tratamiento derivados de esta metodología son grandes y costosos.

Sistema en planta. Aquella que se basa en la identificación y caracterización de todos y cada uno de los flujos de residuos en un proceso o sistema, para la implementación de tratamientos altamente específicos. Los sistemas de tratamiento en este caso son pequeños y debido a que son altamente específicos, la complejidad del sistema es menor; lo que contribuye a que el costo no sea elevado.

T

Tejido. Entrecruzamiento de hilos para formar un textil. El entrecruzamiento de hilos puede ser llevado a cabo de distintas maneras, y de acuerdo al sistema que se utilice se clasifica en tejido de punto o circular, en donde el hilo se teje en varias direcciones; y tejido plano, en donde los hilos se entrecruzan unicamente en dos direcciones. Cada uno de ellos genera un efecto diferente en el artículo textil terminado y puede causar diferencias en la afinidad de colorantes al teñir el textil.

Teñido (por agotamiento). Proceso en el que se da color a fibras y materiales textiles mediante la aplicación de colorantes, agua, químicos y temperatura. En general el proceso de teñido se lleva a cabo, con la adición de agua, seguida del cargado del sustrato que se quiere procesar. Acto seguido se introducen químicos y colorantes, y se incrementa la temperatura a cierta velocidad, según lo requiera el sistema sustrato-colorantes. Se mantiene cierto tiempo la temperatura y se enfría nuevamente a cierta velocidad. Por último se enjuaga el material y se descarga.

Tintorería. En la industria textil, dicese del departamento encargado de dar color a las fibras o materiales textiles.

Tonalidades claras, medias y oscuras. Esta es la clasificación que comúnmente se hace en la industria textil para definir las diferencias en cuanto a concentración de colorante en el artículo textil.

Tonalidad	% colorante usada
Claros	< 0.5
Medios	0.5 – 1.5
Oscuros	> 1.5

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. American Association of Textile Colorists and Chemists (AATCC). 1991. Technical manual. Vol. 69. (Traducción libre del autor).
2. Anónimo (1), Dic/96, "Fiber and fabrics: The performance angle", Bobbin, vol 38, Iss 4, pag. 54-55. (Traducción libre del autor).
3. Anónimo (2), Diciembre-Febrero/1996, "El Factor Ambiental, Objeto de la Certificación ISO 14000", Teorema, pag.18
4. Anónimo (3), 1994, "Normas Editoriales, para publicación en la Revista Calidad Ambiental", Vol. 1, num. 12, pag. 2
5. Bilitewski B., Härdtle G., Marek K., Weissbach A., Boeddicker H., 1997, "Waste Management", Ed. Springer, pags. 487-490. (Traducción libre del autor).
6. Carbonell C. J., Carbonell K. P., González C. A., 1995, "Review of Energy Efficient Technologies in the Textile Sector", Thermie Programme Action no. I-150, European Commision, Directorate-General for Energy, pags. 5-11. (Traducción libre del autor).
7. Cárdenas L. (1), 1994,"La unión de dos universos", Calidad Ambiental., num.5, pag. 2

8. Cárdenas L. (2), Diciembre-Febrero/1996, "ISO 14000, ¿solución o problema?", Teorema, pag. 44-45
9. CATEX (Cámara Textil Mexicana), 1993, "Manual de teñido y acabado", manual del curso, Acabados Textitram, S.A. de C.V.
10. Cunningham, A.D., Enero 1997, "The Controlled Coloration Approach for Right First Time Dyeing of Polyester", Textile Chemist and Colorist, Vol. 29, No. 1 (Traducción libre del autor).
11. Eischen J. W.(MAE, NC State), leader, Clapp T.G. (TE, NC State); Paul F., Rahn C. D., (ME, Clemson), 1995, "Computer-Aided Engineering and Mechantronics in the Design of Apparel Systems", S95-20, Raleigh, NC. (Traducción libre del autor).
12. Elliott, E. J. (1), Mayo 1996, "Textiles: Good citizens in wastewater battle", Textile World, Vol. 146, Iss. 5, pag. 43-44. (Traducción libre del autor).
13. Elliott, E. J. (2), Feb 1-1997, "Suppliesr offer ways to fight pollution", Textile World, vol. 147, Iss. 2, pag. 77-78. (Traducción libre del autor).
14. Fessenden R.J., Fessenden J.S., 1983, Química Orgánica, Grupo De. Iberoamérica, 2da. edición, pag. 935-938

15. Gross, E., Nov/96, "New York markets", Textile World, vol 146, Iss: 11, pag. 30.
(Traducción libre del autor).
16. Herold J. P. and E.L., Marzo 1996, "Utility Review Can Yield Big Savings. Tangible environmental benefits also result", ATI Magazine, pag. 7. (Traducción libre del autor).
17. Herris P., Sept. 1996, "Textile makers tap DOE labs for enviro-technologies", Environmental Today, ahora Environmental management today, vol. 7, Iss. 4, pag. 23-24. (Traducción libre del autor).
18. INE México, 1993, "Norma Oficial Mexicana NOM-CCA-014-ECOL/1993, Diario Oficial de la Federación, Lunes 18 de octubre, 1993.
19. Martínez R., Junio-Agosto/1995, "Los Dividendos de una Auditoría", Teorema, pag. 47
20. Maurits La Rivière J. W., 1990, "Treats to the world's water Managing the Planet Earth", Readings from Scientific American, Ed. Feeman, pag.38-48. (Traducción libre del autor).
21. Santos Burgoa C., Ashford N., Hernández P., Sep/96, "Un modelo de protección ambiental con impulso tecnológico: más allá del desarrollo sustentable", Second Inter-American Environmental Congress, Conference Proceedings, pag. 284-286

22. Smith B. (1), 1990, "Identification and reduction of toxic pollutants in textile mill effluents", North Carolina Division of Environmental Management, Pollution Prevention Program, Raleigh, NC.
23. Smith B. (2), 1986, "Identification and reduction of pollution sources in textile wet processing", North Carolina Department of Natural Resources and Community Development, Pollution Prevention Pays Program, Raleigh, NC.
24. Smith. B. (3), 1994, "Waste minimization in the textile industry", presentado en el simposium de la American Association of Textile Colorist and Chemists (AATCC), La Industria Textil 1994, Comité Ambiental, Charlotte, NC (Marzo, 24-25)
25. Tovar R., Septiembre-Noviembre/1996, "Tratamiento de agua en la industria textil", Teorema, pag. 27
26. Treviño Arjona B., 1996, "Minimización de residuos industriales", manual del curso, Centro de Calidad Ambiental, ITESM.
27. U.S. EPA, 1979, "Development document for effluent limitations guidelines and standards for the textile mills: Point source category (proposed)", EPA/440/1-79/0226. Washington, DC (octubre).

