



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**METODOLOGÍA DE ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES
DEL COLOR EN FIBRAS TEÑIDAS 100% ALGODÓN COMO HERRAMIENTA
EN LA PRODUCCIÓN, PARA LA INDUSTRIA TEXTIL GUATEMALTECA**

Juan Carlos Alvarado García

Asesorado por el Ing. José Rolando Chávez Salazar

Guatemala, octubre de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**METODOLOGÍA DE ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LAS
PROPIEDADES DEL COLOR EN FIBRAS TEÑIDAS 100%
ALGODÓN COMO HERRAMIENTA EN LA PRODUCCIÓN, PARA
LA INDUSTRIA TEXTIL GUATEMALTECA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN
PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

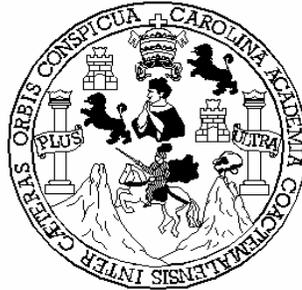
POR:

JUAN CARLOS ALVARADO GARCÍA

ASESORADO POR EL ING. JOSÉ ROLANDO CHÁVEZ SALAZAR
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

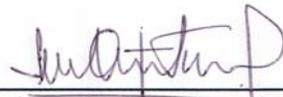
DECANO:	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR:	Ing. Walter Leonel Ávila Echeverría
EXAMINADOR:	Ing. Edwin Danilo González Trejo
EXAMINADOR:	Ing. Carlos René Berges Carío
SECRETARIO:	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**METODOLOGÍA DE ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LAS
PROPIEDADES DEL COLOR EN FIBRAS TEÑIDAS 100%
ALGODÓN COMO HERRAMIENTA EN LA PRODUCCIÓN, PARA
LA INDUSTRIA TEXTIL GUATEMALTECA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Mecánica Industrial, el 23 de noviembre de 2006.



Juan Carlos Alvarado García

Guatemala 12 de Septiembre de 2007.

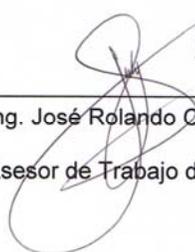
Ingeniero José Francisco Gómez Rivera
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Gómez,

Por este medio me permito informarle que he revisado el Informe Final del Trabajo de Graduación del estudiante Juan Carlos Alvarado García, quién se identifica con el carné universitario No. 96-15515, el cual se titula **"METODOLOGIA DE ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL COLOR EN FIBRAS TEÑIDAS 100% ALGODÓN COMO HERRAMIENTA EN LA PRODUCCION, PARA LA INDUSTRIA TEXTIL GUATEMALTECA"**.

He encontrado el trabajo satisfactorio por lo que lo remito a su consideración para proseguir con los trámites correspondientes.

Atentamente;


Ing. José Rolando Chávez
Asesor de Trabajo de Graduación

José Rolando Chávez Salazar
INGENIERO INDUSTRIAL
Colegiado No. 4,317

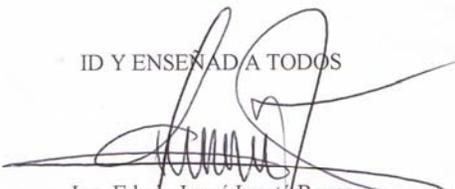
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **METODOLOGIA DE ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL COLOR EN FIBRAS TEÑIDAS 100% ALGODÓN COMO HERRAMIENTA EN LA PRODUCCIÓN, PARA LA INDUSTRIA TEXTIL GUATEMALTECA**, presentado por el estudiante universitario **Juan Carlos Alvarado García**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

APROBADO Y ENSEÑADO A TODOS


Ing. Edwin Josué Ixpatá Reyes
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Edwin Josué Ixpatá Reyes
Ing. Mecánico Industrial
Colegiado No. 7125

Guatemala, octubre de 2007.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **METODOLOGÍA DE ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL COLOR EN FIBRAS TEÑIDAS 100% ALGODÓN COMO HERRAMIENTA EN LA PRODUCCIÓN, PARA LA INDUSTRIA TEXTIL GUATEMALTECA**, presentado por el estudiante universitario **Juan Carlos Alvarado García**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR
Escuela **Mecánica Industrial**

Guatemala, octubre de 2007.



/mjp

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.375.2007

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **METODOLOGÍA DE ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL COLOR EN FIBRAS TEÑIDAS 100 % ALGODÓN COMO HERRAMIENTA EN LA PRODUCCIÓN, PARA LA INDUSTRIA TEXTIL GUATEMALTECA**, presentado por el estudiante universitario **Juan Carlos Alvarado García**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, octubre de 2007.

/gdech

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. ANTECEDENTES	1
1.1 Descripción general de la empresa.....	1
1.1.1 Misión.....	2
1.1.2 Visión.....	2
1.1.3 Instalaciones	2
1.2 Fibras textiles.....	3
1.2.1 El algodón	3
1.2.2. Propiedades del algodón.....	4
1.3 Tipos de tejido.....	6
1.3.1 Tejido plano.....	6
1.3.2 Tejido de punto.....	8
1.4 <u>C</u> olorantes	9
1.4.1 . Clasificación de los colorantes.....	10
1.4.2 Colorantes dispersos	11
1.4.3 Colorantes pigmentos	11
1.4.4 Colorantes directos	12
1.4.5 Colorantes reactivos	12
1.4.5.1 Gamas	13
1.4.5.1.1 Colorantes Synozol K.....	14

1.4.5.1.2 Colorantes Corafix G.....	15
1.5 . El color.....	16
1.5.1 Propiedades y dimensiones del color.....	18
1.5.2 Matiz o tinte.....	18
1.5.3 Valor o tono.....	19
1.5.4 Croma (brillo, tono y coloración).....	19
1.5.5 Clasificación de los colores.....	20
1.5.5.1 Colores primarios.....	20
1.5.5.2 Colores secundarios.....	21
1.5.5.3 Colores terciarios.....	22
1.5.6 Tricromía.....	22
1.6 Los espectrofotómetros.....	22
2. SITUACIÓN ACTUAL.....	23
2.1 Proceso de tintura.....	23
2.1.1 Tintura por agotamiento.....	24
2.2 Selección de colorantes.....	26
2.3 Formulación de colores.....	27
2.4 Estándar de color.....	28
2.5 Análisis de color.....	30
2.5.1 Método visual.....	30
2.5.1.1 Caja de luces.....	32
2.5.1.2 Criterio de aceptación o rechazo.....	35
3. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL COLOR.....	37
3.1.1 Funcionamiento.....	38
3.1.1.1 Espacio de color CIE $L^*a^*b^*$	39
3.1.1.2 Iluminantes.....	41
3.1.1.3 Clasificación CMC.....	42
3.2 Formulación de colores.....	44

3.2.1	Curvas de colorantes.....	46
3.2.2	Selección de tricromías	46
3.3	Análisis de tinturas.....	47
3.3.1	Durante el proceso de tintura	47
3.3.2	Al final del proceso de tintura	48
3.3.3	Al final del proceso de producción.....	48
3.4	Control de Calidad	48
3.4.1	Análisis del color en producto terminado.....	49
3.4.2	Criterio de aceptación o rechazo de lotes	49
3.5	Beneficios obtenidos.....	49
4.	IMPLEMENTACIÓN.....	51
4.1	Metodología de formulación.....	51
4.1.1	Selección de software	51
4.1.2	Selección de gamas de colorantes.....	51
4.1.2.1	Colorantes Synozol K	52
4.1.2.2	Colorantes Corafix G	53
4.1.3	Ingreso de curvas de colorantes seleccionados.....	54
4.1.3.1	Procedimiento.....	54
4.1.4	Procedimiento de obtención de recetas	55
4.1.4.1	Tricromía de gama única	63
4.1.4.2	Tricromía de varias gamas	63
4.1.4.3	Selección de la tricromía ideal	64
4.2	Metodología de análisis del color.....	65
4.2.1	Procedimiento de lectura de colores	65
4.2.1.1	Lectura y almacenamiento de estándar	72
4.2.1.2	Lectura y almacenamiento de lotes	73
4.2.1.3	Interpretación de valores	73
4.2.1.3.1	Tolerancias	75
4.2.1.3.2	Sistema Pasa / Falla	76
4.2	Procedimiento de análisis y control del color en el proceso productivo. .	77

4.2.1	Nuevo proceso de tintura	77
4.2.1.1	Análisis de color en puntos críticos del proceso	79
4.3.1.2	Reformulación o matiz	80
4.4	Procedimiento de análisis del color como herramienta de control de calidad.	82
4.4.1	Clasificación por sub-lotes.....	83
4.4.2	Control de tonalidad en varios puntos dentro del mismo lote	84
4.5	Procedimiento experimental	85
4.5.1	Análisis de color A.....	85
4.5.2	Análisis de color B.....	89
4.5.3	Análisis de color C.....	92
5.	MEJORA CONTINUA	95
5.1	Implementación de un laboratorio de colorimetría	95
5.2	Auditoría de calidad interna y externa.....	96
5.3	Certificación a normas ISO de la empresa	103
	CONCLUSIONES.....	107
	RECOMENDACIONES.....	109
	BIBLIOGRAFIA.....	111

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1 Telar plano.....	8
2 Máquina de tejido circular	9
3 Factores que afectan el color	17
4 Proceso actual de tintura	25
5 Proceso de lavado	26
6 Estándar físico de color.....	29
7 Análisis visual de color.....	32
8 Acondicionamiento de una caja de luces	34
9 Caja de luces	34
10 Funcionamiento de un espectrofotómetro.....	39
11 Espacio de color CIE L*a*b*.....	40
12 Espacio de color CMC	43
13 Archivo de curvas de colorantes	56
14 Cambio de preferencias en carpetas de muestras.....	57
15 Opciones especiales para formulación	58
16 Cálculo de recetas paso 1.....	60
17 Cálculo de recetas paso 2.....	61
18 Porcentajes de mezcla	62

19 Nuevo proceso de titura	77
20 Clasificación por sublotes.....	84
21 Análisis de color 1, lote A.....	87
22 Análisis de color 2, lote A.....	88
23 Análisis de color 1, lote B.....	90
24 Análisis de color 2, lote B.....	91
25 Análisis de color 1, lote C.....	92
26 Análisis de color 2, lote C.....	93
27 Equipo de laboratorio.....	96

TABLAS

I Comparación de la composición de la membrana primaria y de la fibra completa del algodón.....	4
II Vida útil de las iluminantes.....	35
III Variabilidad en lecturas según el material.....	70
IV Variabilidad de la medida según la presión aplicada	71
V Tolerancias CMC.....	75
VI Tolerancias para lotes de planta	76
VII Especificaciones lote A.....	86
VIII Fórmula de matiz lote A	88

GLOSARIO

Ácido Acético	Líquido incoloro, de fórmula $\text{CH}_3 \text{COOH}$, de olor irritante y sabor amargo. En una solución acuosa actúa como ácido débil.
Algodón	Algodón, fibra vegetal natural de gran importancia económica como materia prima para la fabricación de tejidos y prendas de vestir.
Auditoría	Examen sistemático e independiente, con el fin de determinar si las actividades y los resultados relativos a la calidad satisfacen las disposiciones preestablecidas, y si éstas disposiciones son aplicadas en forma efectiva y son apropiadas para alcanzar los objetivos.
Caldera	Dispositivo utilizado para calentar agua o generar vapor a una presión superior a la atmosférica. Las calderas se componen de un compartimiento donde se consume el combustible y otro donde el agua se convierte en vapor.
Colorante	Cualquiera de los productos químicos pertenecientes a un extenso grupo de sustancias, empleados para colorear tejidos, tintas, productos alimenticios y otras sustancias.

Colorimetría	Procedimiento de análisis químico basado en la intensidad de color de las disoluciones.
Concentración	La masa de soluto, expresada en gramos, contenida en un determinado volumen de disolución, expresado en litros.
Confección	Unión de piezas de tela u otro material para fabricar prendas de vestir, ropa de hogar u otros artículos.
Espectrofotómetro	Se usa para medir la intensidad de un espectro determinado en comparación con la intensidad de luz procedente de una fuente patrón.
Fibra	Estructura de origen animal, vegetal, mineral o sintético parecida al pelo. Su diámetro no suele ser superior a 0,05 cm. Las fibras se utilizan, entre otras muchas aplicaciones, en productos textiles y se clasifican en función de su origen, de su estructura química o de ambos factores.
Pantone	Es una cartilla de colores estándar que manejan todas las industrias gráficas. El pantone clasifica los colores en números. Los colores que tengan junto a la numeración la letra "U" son los colores a utilizarse sobre papel. Por su parte, los que tengan junto a la numeración la letra "C" son los colores a utilizarse sobre cartulina o materiales similares.

Telar	Máquina utilizada para fabricar tejidos con hilo u otras fibras. Un tejido fabricado con un telar se produce entrelazando dos conjuntos de hilos dispuestos en ángulo recto. Los hilos longitudinales se llaman urdimbre, y los hilos transversales se denominan trama.
Tolerancia	Diferencia de medidas permitidas en una pieza. Consiste en una medida máxima y otra mínima entre las que se tiene que encontrar la medida realizada para que una pieza se considere válida. En caso contrario esa pieza no cumple las especificaciones y tiene que ser rechazada. La tolerancia suele indicarse por medio de dos indicadores sobre la medida nominal de la pieza. Un indicador corresponde con la medida máxima y el otro indicador es para la medida mínima.
Yarda	Medida inglesa de longitud, equivalente a 91 centímetros.

RESUMEN

La industria textil está formada por distintas áreas, dentro de las principales se encuentran la producción de telas y la confección, siendo en la primera de ellas donde se enfoca esta investigación.

El proceso de producción de telas para la confección de prendas de vestir es muy complejo y amplio, debido a que para obtener un tejido terminado ha sido necesario pasar por procesos de hilatura, tejido, tratamiento previo, tintura, secado, suavizado, compactado, etc., y es en el proceso de tintura de los tejidos en donde se enfoca este material que aporta una herramienta aplicable a la producción de estos productos de consumo necesario.

La metodología de análisis y evaluación de las propiedades del color en fibras teñidas, es básicamente, la implementación del espectrofotómetro como herramienta fundamental para el análisis del color y a su vez, un medio para aumentar la productividad y eficiencia de la planta de producción, específicamente del departamento de tintorería.

El método sugiere la aplicación y uso del espectrofotómetro desde el primer paso para teñir un color, es decir, la formulación. Además, permite la posibilidad de analizar el color durante el proceso de tintura en 3 puntos críticos del mismo, antes de jabonar, después de jabonar y al final de la tintura previo a secar y suavizar el lote.

La implementación del espectrofotómetro permite estandarizar la producción de los colores en un mismo matiz, es decir, que no solamente

analiza el color contra un estándar deseado sino que además se logra mantener los lotes teñidos, sin importar la cantidad, dentro de un mismo cuadrante de color.

Otra ventaja interesante que aporta esta metodología es poder efectuar un análisis del color a un lote completo de punta a cola y de orilla a orilla, por medio de la creación de sublotes que básicamente son los rollos de tela empacados.

Lo anterior sin dejar a un lado la invaluable posibilidad de matizar colores en tintura por medio de una receta de ajuste precisa, ya que el análisis de color nos permite conocer qué cantidad falta o sobra de amarillo, rojo o azul, que son los colorantes que forman la tricromía básica.

OBJETIVOS

General

Crear, implementar y desarrollar una metodología que permita la evaluación eficiente de los procesos de tintura, en la industria textil guatemalteca, a través de la tecnología y los recursos que la misma nos proporciona.

Específicos

1. Crear un método de evaluación acorde a las necesidades de la industria textil guatemalteca.
2. Desarrollar un sistema de análisis eficiente que aporte beneficios a la industria de la confección.
3. Implementar el sistema de evaluación de las propiedades del color como una herramienta útil a los departamentos de tintorería y laboratorios de formulación.
4. Conocer el funcionamiento y aplicación de un espectrofotómetro.

5. Aportar una metodología de evaluación como herramienta útil para controlar la calidad de los productos terminados.
6. Implementar un método de análisis efectivo para estandarizar los procesos de tintura.
7. Implementar un método de control que sirva como herramienta para aumentar la productividad y elevar los niveles de eficiencia.

INTRODUCCIÓN

Los textiles en Guatemala y en el mundo forman una de las industrias principales, debido a que sus productos son de primera necesidad para la humanidad. Dicha industria es muy amplia en su contenido, ya que se subdivide en diferentes áreas, en donde las principales son la producción de telas y la confección de prendas de vestir; siendo la primera quien proporciona la materia prima de la segunda.

El área de producción de telas o tejidos en su mayoría compuestos por algodón 100%, se compone de cuatro áreas fundamentales: tejeduría, preparación o pretratamiento, tintorería y acabados, siendo todas de suma importancia pero con diferentes grados de complejidad.

El área de tintorería se encarga del proceso de añadir color a la fibra por medio de colorantes con la ayuda de químicos propicios para la obtención de diferentes colores y matices; el procedimiento para todos los colores es básicamente el mismo, siempre y cuando se trate de la misma fibra, pero varían las fórmulas de laboratorio, específicamente, la selección de los colorantes y las gamas de los mismos.

Los colorantes de mayor consumo y aplicación en la industria textil de algodón son los conocidos como reactivos, ya que poseen excelentes propiedades de reproducibilidad, solidez al agua, sudor, frote, luz y a la

sublimación, pero en el proceso de tintura siempre existen variaciones debidas en un noventa por ciento al algodón, ya que por tratarse de una fibra natural, siempre existen variaciones de color en cada lote.

Para su control durante el proceso y al final del mismo, existen algunos métodos, siendo el ojo humano el más común, pero gracias a la tecnología podemos hacer uso de los espectrofotómetros, para medir, controlar, evaluar y estandarizar procesos de tintura, evitando variaciones de tonalidad de lote a lote, que nos dan como resultado reprocesos en planta y rechazos de parte del consumidor, en este caso la industria de la confección.

1. ANTECEDENTES

1.1 Descripción general de la empresa

Tejidos Mundiales, S.A. nació en 1987. A través de los años se ha convertido en uno de los más importantes proveedores de telas, hilos y etiquetas tejidas en la industria textil. Esta empresa se especializa en la producción de poliéster, algodón y sus mezclas entre sí, para suplir el mercado con productos de moda y de la más alta calidad. La compañía se encuentra en la actualidad verticalmente integrada en el proceso de producción textil gracias a sus compañías aliadas, quienes en conjunto conforman uno de los grupos textileros más grandes de la región. La empresa está equipada con lo último en tecnología en maquinaria para producir textiles de alta calidad.

Esta empresa guatemalteca ofrece los productos textiles más finos del mercado a fabricantes de toda la región, supliéndoles con el mejor servicio requerido actualmente en el mercado global de textil.

Se cuenta con una integración vertical durante todo el proceso desde las materias primas hasta el producto final, ofreciendo a sus clientes el servicio de paquete completo, que consta de la venta del hilo, la tela y la prenda, a través de sus alianzas estratégicas. Actualmente la empresa produce para varios países circundantes a nuestra región, atendiendo a este mercado desde sus oficinas principales en Guatemala. El mercado objetivo se encuentra en El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, México, Estados Unidos, Chile, Panamá, Puerto Rico, Jamaica, Trinidad y Tobago y la República Dominicana.

El personal consta de más de 800 empleados y está conformado por ingenieros altamente calificados, técnicos, y expertos operadores con varios años de experiencia en la industria textil.

1.1.1 Misión

Unificar esfuerzos como un quipo enteramente comprometido en brindar a sus clientes la más alta calidad disponible en productos textiles en el mercado con una pronta respuesta y precios competitivos.

1.1.2 Visión

Llegar a ser el mejor productor de textiles en el área, proveyendo al mercado con productos novedosos de la más alta calidad.

1.1.3 Instalaciones

La empresa se encuentra ubicada en el municipio de Villanueva, en el departamento de Guatemala. Las instalaciones la componen 3 naves industriales y un edificio para el área administrativa. La planta cuenta con los siguientes departamentos:

- Bodega de materia prima
- Departamento de telares planos
- Departamento de circulares
- Departamento de tintorería
- Departamento de Acabados
- Departamento de empaque
- Área de calderas y
- Bodega de producto terminado

1. 2 Fibras textiles

Existen diversos tipos de fibras textiles, tales como la seda, lana, acetatos de celulosa, lino, poliamidas, siendo entre ellas el nylon la más conocida, poliéster, acrílicos, vinilos, poliolefinas, fibras de vidrio, papel y por último el algodón, la fibra mayormente producida y por ende la mayormente comercializada en nuestro país y en el mundo por los beneficios que aporta en las prendas de vestir.

1.2.1 El algodón

El Algodón es una planta del género *Gossypium*, de la familia de las malváceas, hoy día se cultiva intensamente en las regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo. Su nombre proviene de la fibra unida a la semilla de esa planta. Los pelos de las semillas de algodón, constituyen la materia prima para una proporción elevada de los textiles de todo el mundo; en realidad, el algodón es la principal de las fibras textiles.

El algodón no se clasifica de acuerdo a su origen botánico, sino por sus propiedades tales como color, pureza, longitud de fibra, fineza y contenido de humedad. Se acostumbra indicar también el país de origen. La composición de la fibra depende del tipo de planta de algodón, su origen, las condiciones de crecimiento y grado de madurez.

Se han establecido normas oficiales para la longitud de fibra, que se define así: “La longitud de la fibra de un algodón es la longitud medida, prescindiendo de la calidad y valor de una porción típica de fibras, con una humedad relativa de la atmósfera de 65% y una temperatura de 70° F. Para la clasificación del algodón, se determina la longitud por un procedimiento manual y rápido, que consiste en alisar un mechón de fibras, de modo que queden aproximadamente paralelas y tirar de éstas hasta ponerlas con los extremos juntos.

Tabla I. Comparación de la composición de la membrana primaria y de la fibra completa del algodón.

Porcentaje Contenido en	Fibra Total	Membrana Primaria
Celulosa	88.0 – 96.0	52
Pectinas	0.7 – 1.2	12
Cera	0.4 – 1.0	7
Proteínas	1.1 – 1.9	12
Carbonatos	0.7 – 1.6	3
Compuestos orgánicos	0.5 – 1.0	14

Grasa: Alcohol graso, ésteres de estos ácidos, colesteroína, hidrocarburos.
Carbonatos: Calcio, magnesio, potasio (sodio), fosfato, carbonato.
Compuestos orgánicos: Olí gomeros, ácido orgánico, por ejemplo ácido málico.

A temperatura ambiente, el algodón experimenta apenas algún cambio cuando se almacena bajo condiciones secas. Temperaturas tan altas como 100° C no ejercen ninguna influencia importante sobre la fibra. A temperaturas de 140 a 150° C, el color de la fibra celulósica comienza a ponerse amarillo y llega a descomponerse.

1.2.2. Propiedades del algodón

El algodón como materia prima, contiene impurezas naturales como grasas, pigmentos naturales, sustancias minerales y artificiales que han sido aplicadas para la operación de hilatura o tejeduría, que deben ser removidas en los procesos posteriores. Para que la fibra de algodón sea teñida es necesario efectuarle un tratamiento previo. La finalidad es preparar el producto para las operaciones posteriores (teñido y acabado). Las operaciones de limpieza, incluyen el descruce

y blanqueo químico; la pérdida de peso resultante es una clara indicación de una limpieza exitosa.

Del tratamiento previo depende el grado de hidrofiliadad de la fibra, resultando una tintura o estampación perfecta, lo contrario se identifica obteniendo manchas o mala igualación en los procesos de tintura.

- **Grado de blanco**

Antiguamente, el grado de blancura era considerado como el criterio más seguro para juzgar la calidad del tratamiento previo. No obstante, en la actualidad existen otros factores que condicionan los resultados obtenidos en operaciones posteriores. En consecuencia, hoy en día, el objetivo del tratamiento previo no es un blanqueo completo, sino solo un blanqueo parcial necesario para asegurar una buena pureza y brillo del matiz en el teñido o estampado posterior.

- **Propiedades hidrófilas**

Son las propiedades hidrófilas las que rigen la uniformidad de absorción de los colorantes y productos químicos, especialmente en los casos en que se aplican continuamente, es decir, por medio de un foulard o rodillo y una canoa de impregnación.

- **Estado de hinchazón**

La hinchazón cambia la superficie interna de la fibra de algodón y por ende, su comportamiento de absorción. La hinchazón uniforme máxima de la celulosa es, por lo tanto, esencial para la absorción completa y uniforme del colorante.

Cuando el algodón se somete a tensión y se hincha con álcali concentrado (sosa cáustica), de tal forma que las fibras no pueden encogerse en su longitud, se desarrolla un brillo de tipo sedoso. A este proceso se le llama mercerización. La afinidad del algodón mercerizado hacia los colorantes es mayor que la del algodón común.

1.3 Tipos de tejido

Existe una gran diversidad de tipos de tejido, y varían según el tipo de dibujo y la maquinaria utilizada para la tejeduría. En la industria nacional, los tejidos de mayor producción son el tejido plano y el tejido circular o de punto y dentro de ellos los más importantes son los siguientes:

- Tejido liso o de tafetán
- Tejido cruzado
- Tejido de satén o satín
- Tejidos de lizo y de jacquard
- Tejidos de pelo o de hilos levantados
- Tejidos de rizo (toalla)

1.3.1 Tejido plano

Para tejer este tipo de tejido se utiliza el telar plano y dos conjuntos de hilos, denominados respectivamente urdimbre o pie y trama. Los hilos de la urdimbre van a lo largo del telar, mientras que los de la trama van en dirección transversal.

La urdimbre está arrollada en enormes bobinas llamadas enjulos o enjullas, situadas a los pies del telar, y se enhebra en el telar formando una serie de hilos paralelos. La trama se suministra por los lados del telar desde unas bobinas que se cambian automática o manualmente cuando se acaba el hilo. La lanzadera del telar hace pasar los hilos de la trama a través del

telar, entrelazándolos perpendicularmente con la urdimbre. Modificando el número de hilos de la urdimbre y alterando la secuencia con la que se levantan o se bajan, se logran diferentes dibujos y texturas. Durante el tejido, una capa protectora provisional conocida como imprimación protege los hilos de la urdimbre para evitar que se dañen.

El método básico de tejido, en el que cada hilo de la urdimbre se entrelaza con el hilo de la trama, se denomina tejido liso o de tafetán. Esta palabra se deriva probablemente del persa *taftha*, que quiere decir 'vuelta'. Algunas telas tejidas con este método son la batista, la manta, el calicó, el lino, el cambray, el crespón o crepé, la estopilla o cheesecloth, el *chintz*, la muselina, el organdí, el percal, el *seersucker*, el velo, el cloqué o el *tweed*. Otras variaciones del tejido liso son el tejido reticulado o el tejido acanalado en canalé; la tela escocesa es un ejemplo del primero y el popelín o popelina, la bengala o el piqué lo son del segundo.

En la industria textil guatemalteca se encuentran únicamente cuatro fábricas que producen este tipo de tejido y producen en su mayoría gabardina (de tejido cruzado o sarga), tela de camisería y tela para blancos, ambas de tejido tipo tafetán.

El tejido cruzado se caracteriza por las líneas diagonales muy marcadas producidas por el entrelazado de dos hilos de la urdimbre con un hilo de la trama en filas alternas. Este efecto puede observarse también en tejidos como la espiguilla o palmeado, el cheviot, el foulard, el twill, el surah, el cutí, la mezclilla, el denim o el dril. El tejido cruzado proporciona a la tela una gran resistencia, útil para prendas de trabajo, como por ejemplo los jeans o pantalones de lona como los conocemos en nuestro medio.

Figura 1. Telar plano



1.3.2 Tejido de punto

El Tejido de punto circular es un proceso de hilos tricotados formando lazos en dirección de la trama. El tejido de punto por urdimbre es un proceso de tejido de punto donde una gran cantidad de hilos de urdimbre forman los lazos que avanzan de manera horizontal y forman un patrón en zigzag inclinado. El Tejido de punto por urdimbre requiere una cuidadosa selección de hilos grises, puesto que todos los hilos se ovillan en el plegador en la etapa de plegue y se suministran simultáneamente durante la etapa de tejido de punto.

Es particularmente importante cuando se realiza el tejido de punto con algodón, garantizar que no haya polvo que pueda entrar en la máquina y adherirse al hilo. Además, todos los hilos deben madurar en las condiciones del lugar de trabajo.

Figura 2. Máquina de tejido circular



1.4 Colorantes

Los colorantes son sustancias compuestas orgánicas de color intenso, que pueden usarse para producir un alto grado de coloración, cuando se dispersan en otros materiales o se hacen reaccionar con los mismos, por medio de un proceso que temporalmente destruye la estructura cristalina de la sustancia. Los colorantes modernos son productos de la química orgánica sintética.

Los colorantes naturales que se usaron en otras épocas, han sido reemplazados casi en su totalidad por colorantes sintéticos, casi todos de estructura compleja. Hay que ejecutar una larga serie de operaciones para convertir las materias primas y formar colorantes.

Los colorantes sintéticos en general han sido llamados “colorantes de alquitrán de hulla”, por el uso predominante del alquitrán como material inicial, o “colorantes de anilina” por la razón de que la anilina es un intermedio de muchos colorantes.

Para que funcionen comercialmente, los colorantes deben poseer una alta intensidad de color y producir teñidos de cierto grado de permanencia, siendo el color la razón de su venta. El grado de permanencia que se requiere varía con el uso final del material teñido.

Las propiedades de los colorantes pueden clasificarse como de aplicación y de uso final. Las propiedades de aplicación incluyen la solubilidad, la afinidad y la velocidad del teñido. Las propiedades de uso final son el tono y la resistencia a los factores degradantes, tales como la luz, lavado, calor o sublimación y desteñido. Los colorantes se seleccionan de tal forma que tengan propiedades de uso final aceptables a un costo mínimo. Solo se utilizan procedimientos de aplicación complicados, cuando son necesarios para lograr resultados excelentes.

1.4.1 . Clasificación de los colorantes

Los colorantes se clasifican de acuerdo a su método de aplicación. El mejor método de clasificación disponible, es el que se basa en el Índice de Color (Color Index), publicación patrocinada por la Sociedad de Tintoreros y Coloristas de Inglaterra y la Asociación Americana de Químicos y Coloristas Textiles.

El Color Index reconoce 26 tipos de colorantes por clasificación química y diez por su clasificación basada en su aplicación; la segunda es de más utilidad, dentro de la cual los más utilizados en la industria textil guatemalteca son:

- Colorantes dispersos
- Colorantes pigmentos
- Colorantes directos y
- Colorantes reactivos

1.4.2 Colorantes dispersos

Los productos sintéticos modernos como el acetato de celulosa, plásticos y poliéster, son sumamente difíciles de teñir. El carácter químico de los colorantes dispersos es no iónico, con baja solubilidad en agua y que son capaces de disolverse en ciertas fibras sintéticas. Su atracción por las fibras se basa en la formación de una solución sólida puesto que no tiene carga eléctrica o electromagnética, ni tendencia a formar soluciones salinas.

Los colorantes dispersos son utilizados en la actualidad únicamente para teñir fibras de poliéster, siendo esta la segunda fibra de mayor comercialización tanto en Guatemala como en el mundo. Los artículos más comunes producidos con esta fibra son prendas deportivas, trajes de baño y vestidos para dama, así como hilo para costura y tejeduría.

1.4.3 Colorantes pigmentos

Los pigmentos son sustancias químicas, generalmente insolubles, que pueden ser extendidas como capas superficiales o mezcladas con la masa de algún material.

Algunos pigmentos como la clorofila son compuestos orgánicos naturales. Sin embargo, la gran mayoría de los utilizados en la vida cotidiana son compuestos sintéticos (orgánicos e inorgánicos). En este sentido, la industria química ha desarrollado pigmentos cada vez más accesibles y variados.

La mayoría de los pigmentos usados en pinturas y tintes debe su color a las propiedades químicas de los metales de transición; al contrario que elementos como el sodio o el magnesio en un solo estado de oxidación, los metales de transición pueden existir en dos o más estados de oxidación. De esta forma, el color depende del estado de oxidación del ión metálico y del

tipo y disposición de las demás moléculas que se unen a él. También se usan en pinturas fluorescentes y fosforescentes: las pinturas fluorescentes suelen contener sulfuros de zinc y cadmio, mientras que las fosforescentes contienen sulfatos de zinc, cobre o estroncio, que siguen brillando después de que se las deje iluminar.

Los pigmentos pueden aplicarse en superficies textiles compuestas de algodón, poliéster y sus mezclas o en papel usando tintas; ambas añaden color a las superficies de un modo similar.

Las pinturas tienen dos componentes básicos: vehículo y pigmento. El vehículo o emulsionante se disuelve en un medio para formar parte líquida de la pintura que se polimeriza, para proporcionar la homogeneidad y la película protectora. Además, controla las propiedades deslizantes del revestimiento y ayuda a mejorar su dureza y resistencia.

1.4.4 Colorantes directos

Los colorantes directos, son los que se absorben fuertemente sobre la celulosa. Por lo general, tienen grupos de ácido sulfónico, pero no se consideran como colorantes ácidos, debido a que estos grupos no se usan como medios de unión a la fibra. Los colorantes directos son moléculas grandes, planas y lineales que pueden penetrar a las regiones cristalinas; son generalmente colorantes azoicos y su solubilidad en el baño se reduce a veces añadiendo sal.

1.4.5 Colorantes reactivos

Los colorantes reactivos son una clase de colorantes relativamente nueva. Este tipo de colorante forma enlaces covalentes con la fibra, reaccionando químicamente con ella durante el proceso de teñido, transformándose así en la parte física de la misma.

Este tipo de colorante se utiliza únicamente para teñir fibras de algodón 100%, siendo dicha fibra la más utilizada en nuestro país y en el mundo por los beneficios que aportan sus prendas al ser humano.

Los colorantes reactivos poseen una solidez al lavado excelente, debido a que el colorante después del proceso de tintura ya forma parte de la fibra.

Los colorantes que contienen sistemas reactivos diferentes tienen requisitos detallados distintos en un método de teñido dado; adicionalmente, las propiedades de solidez pueden verse influenciadas por el sistema reactivo.

1.4.5.1 Gamas

Una Gama es el grupo dentro del cual se clasifica un colorante, según su aplicación y sus características principales. Todas las clases de colorantes sin excepción se dividen en varias gamas. Los grupos o gamas siguientes representan los principales grupos en los que se dividen los colorantes reactivos según sus características:

- **Tipo Vinilsulfona**

Estos pueden aplicarse en un amplio rango del método de teñido, es decir, por agotamiento, estampado, cold pad batch y a la continua. Poseen excelentes propiedades de solidez. Como ventaja principal la temperatura de teñido es baja (60°C), lo cual representa un ahorro significativo de energía.

- **Tipo Monoclorotriacina**

Este tipo de colorantes por su estabilidad en medios alcalinos, son aptos para teñir a la continua y para estampar. Debido a que poseen una alta sustentividad las propiedades de solidez al lavado son deficientes, el

matiz de sus colores es brillante. Su desventaja principal es la alta temperatura de teñido (80° C).

▪ **Tipo bifuncional**

Su nombre se debe a que poseen dos grupos reactivos en el colorante, los vinilsulfónicos y los Monoclorotriacina. Por ser estables al álcali pueden utilizarse para teñir por agotamiento, cold pad batch y a la continua. Matiz brillante de excelentes propiedades de solidez y como ventajas principales su alta reproducibilidad y uniformidad en las tinturas.

1.4.5.1.1 Colorantes Synozol K

La Gama de colorantes reactivos Synozol K, pertenece a la casa coreana Kyung-In Synthetic Corporation, mejor conocida en el medio textil como KISCO.

Los colorantes Synozol K forman un grupo bastante amplio de alternativas para la industria textil, específicamente para productos compuestos por fibra 100% algodón. Sus características principales son

- Alta solidez a la luz
- Alternativas para teñir colores intensos y pasteles
- Matices brillantes
- Alta reproducibilidad
- Alta solubilidad

Los colores de la tricromía básica para tonos intensos de la gama Synozol K son los siguientes:

- Amarillo Synozol K – EF

- Rojo Synozol K – EF
- Rojo Brillante Synozol K – EF
- Azul Marino Synozol K – EF.

1.4.5.1.2 Colorantes Corafix G

La Gama de colorantes reactivos Corafix G, pertenece a la casa hindú Colourtex Inc, y esta basada en una química reactiva poli funcional.

Esta gama está formada por 13 alternativas de colores con diversidad de matices y ofrece las siguientes cualidades:

- Diseñada especialmente para la tintura de tonos intensos.
- Altas propiedades de solidez al lavado.
- Ecológicos
- Alto poder de fijación en la fibra.
- Bajo Costo
- Alta sustentividad

La tricromía básica de esta gama puede ser compuesta por los siguientes colores:

- Amarillo Corafix GD – 3R
- Rojo Corafix GD – B
- Naranja Corafix GD – 3R
- Azul Marino Corafix GD – B

Actualmente no se utilizan tricromías uniformes, es decir, que los tres colores que la forman pertenezcan a una misma gama y peor aún no siempre pertenecen a una misma casa. En la implementación de la

metodología de análisis del color, utilizaremos las gamas para tricromía básica indicadas anteriormente.

1.5 . El color

El término color ha tenido variedad de definiciones en el tiempo. El hombre a lo largo de la historia ha estudiado este tema con detenimiento y gracias a ello en la actualidad contamos con una amplia teoría del color. Hagamos una reseña histórica previo a definir el término.

Según Aristóteles, el color era una propiedad de la luz y los objetos aparecían coloreados debido a que contaminaban la luz (Absorción). Los objetos imponen negrura a la luz blanca y de la cualidad de esta negrura resultan los diferentes colores (Absorción Selectiva).

Por otra parte, Isaac Newton, elabora una teoría físico-matemática que explica la naturaleza de los colores. Observó que la luz solar se descomponía en luces de diferentes colores mediante su dispersión a través de un prisma. Planteó la necesidad de una tercera medición para medir el color, claridad y oscuridad.

Y por último al científico Goethe, debe reconocérsele el mérito de haber planteado la dualidad psico-física del color y las sensaciones luminosas.

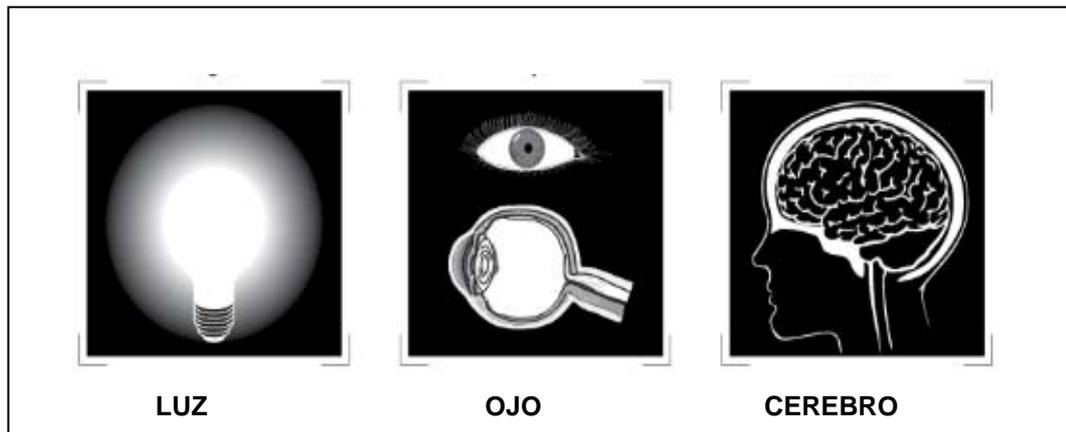
Primeramente definimos al color como un Aspecto de la Apariencia, otros son textura, brillo, translucidez, reflejo y opacidad.

En segundo lugar el color es una Percepción y la misma es afectada por los colores circundantes, aquello que vimos antes, alimentos, medicamentos y nuestra edad.

El color depende de los siguientes factores:

- a. Fuente de luz: el mismo objeto iluminado bajo diferentes luces tiene diferentes colores.
- b. El observador: el mismo objeto tiene diferentes colores para diferentes personas.
- c. El objeto: el color es la luz percibida por un observador, que ha sido modificada por un objeto. Objetos diferentes tienen diferentes colores.

Figura 3. Factores que afectan el color



Sin luz no hay color: La luz cae en un objeto y, dependiendo del color del objeto, se absorbe parcialmente. La luz que no se absorbe se refleja y cae en los receptores del color, es decir, en el ojo. Éstos convierten la luz del incidente en los estímulos, que entonces se envían a través de los nervios al cerebro. Aquí los estímulos se interpretan, y se forma una opinión de color.

Es por ello que en la industria textil es importante que los colores no cambien su matiz bajo iluminantes diferentes, es decir, el matiz de un color debe ser el mismo dentro de un tienda de ropa con una luz artificial que a la intemperie con la luz del sol, una luz natural.

Con respecto a la opinión sensorial: cada persona experimenta el color diferentemente. Esto no es justo porque no hay dos ojos idénticos, pero también porque la interpretación del color también varía de persona a la persona. La misma persona puede incluso percibir colores diferentemente en diversas horas y según el humor.

Mucha gente percibe colores independientemente de la luz. Por ejemplo, en una forma de sinestesia donde están notas oídas, las armonías y la música se ligan a ciertos colores: altas notas sobre todo con colores ligeros y notas bajas con colores oscuros.

1.5.1 Propiedades y dimensiones del color

Tres dimensiones se utilizan para definir un color; primero está el matiz o tinte, a veces llamado cortina, en segundo lugar el croma y en tercer lugar el valor o tono. Cada color se puede describir usando estos tres valores y tomando el tipo de luz en la consideración. Esta es la base de la colorimetría.

Diversas cortinas del color se arreglan en un círculo de la tonalidad que funciona a la derecha con amarillo verde y verde anaranjados, rojos, violetas, azules, azulados de nuevo a amarillo otra vez. Una cortina del color puede ser más ligera o más oscura dependiendo de su ligereza. Si el croma de un color se reduce, después este color será menos brillante (más cercano a gris). Si la saturación es cero entonces hablamos de un color acromático. Negros, blanco y todas las cortinas intermedias del gris son los colores acromáticos, determinados por su ligereza.

1.5.2 Matiz o tinte

El matiz es la primera cualidad del color, precisamente por ser la característica que nos permite diferenciar un color de otro. El matiz se emplea como sinónimo de color.

1.5.3 Valor o tono

Valor o tono es un término que se utiliza para describir qué tan claro u oscuro parece un color. Por lo tanto, el valor del color está determinado por su propiedad de reflexión, es decir, cuánta luz refleja otra vez al ojo. Un rojo brillante que parece más claro al ojo que un oscuro, tiene un valor más alto.

Como el negro absorbe más luz y el blanco la refleja, agregar negro a un color lo hace más oscuro tal como agregar negro al rojo para obtener un rojo vino, lo hará tener menos valor que si se le agregara blanco.

Cuando se agrega blanco a un color, para hacerlo más claro, como blanco al rojo para obtener rosa, el mismo color tiene un valor más alto.

Las palabras utilizadas para describir el valor o tono de un color son claro, oscuro, brillante, débil y fuerte.

1.5.4 Cromo (brillo, tono y coloración)

También conocida como intensidad o pureza, se puede concebir la saturación como si fuera la brillantez de un color. Es la tercera dimensión del color. Es la cualidad que diferencia un color intenso de uno pálido. Cada uno de los colores primarios tiene su mayor valor de intensidad antes de ser mezclados con otros. Así, el azul pavo real es muy brillante, mientras que el marino es más bien opaco. De modo análogo, los populares colores verde lima de los anuncios de neón que evocan la década de 1960 son mucho más intensos que un verde bosque. Para reducir la intensidad, se agregan o quitan otros colores, el blanco, el negro o la luz. Un color se encuentra en su estado más intenso y saturado por completo cuando es puro y no se le han añadido negro, blanco u otro color.

1.5.5 Clasificación de los colores

Actualmente existen miles de colores diferentes, colores similares con diferente intensidad y matices, todos estos pertenecen al grupo de los terciarios. Pero los colores básicos son seis, los cuales se subdividen en dos grupos denominados obviamente como primarios y secundarios.

1.5.5.1 Colores primarios

Un color primario es un color que no se puede crear mezclando otros colores del gamut en un cierto espacio de colores. Los colores primarios se pueden mezclar entre sí para producir la mayoría de los colores de un cierto espacio de colores: al mezclar dos colores primarios se produce lo que se conoce como color secundario, y al mezclar un secundario con un primario se produce lo que a veces se llama color terciario. Tradicionalmente, los colores rojo, amarillo y azul se consideran los pigmentos primarios del mundo del arte. Sin embargo, esto no es técnicamente cierto, o al menos es impreciso. Los tres colores primarios de la pigmentación son el magenta, el amarillo y el cian. (Cuando se dice que los colores primarios de la pigmentación son el "rojo, amarillo y azul", "rojo" es una forma imprecisa de decir "magenta" y "azul" es una forma imprecisa de decir "cian").

En realidad, el azul y el verde son pigmentos secundarios, pero son colores primarios de la luz, junto con el rojo.

Los colores primarios no son una propiedad fundamental de la luz, sino un concepto biológico, basado en la respuesta fisiológica del ojo humano a la luz. Fundamentalmente, la luz es un espectro continuo de longitudes de onda, lo que significa que en realidad existe un número casi infinito de colores. Sin embargo, un ojo humano normal sólo contiene tres tipos de receptores, llamados conos. Estos responden a longitudes de onda específicas de luz roja, verde y azul. Las personas y los miembros de otras especies que tienen estos tres tipos de receptores se llaman tricrómatas.

Aunque la sensibilidad máxima de los conos no se produce exactamente en la frecuencia roja, verde y azul, son los colores que se eligen como primarios, porque con ellos es posible estimular los tres receptores de color de manera casi independiente, proporcionando un amplio gamut. Para generar rangos de color óptimos para otras especies aparte de los seres humanos, se tendrían que usar otros colores primarios aditivos. Por ejemplo, para las especies conocidas como tetracrómatas, con cuatro receptores de color distintos, se utilizarían cuatro colores primarios (como los humanos solo pueden ver hasta 400 nanómetros (violeta), pero los tetracrómatas pueden ver parte del ultravioleta, hasta los 300 nanómetros aproximadamente, este cuarto color primario estaría situado en este rango y probablemente sería un magenta espectral puro, en lugar del magenta que vemos, que es una mezcla de rojo y azul). Muchas aves y marsupiales son tetracrómatas, y se ha sugerido que algunas mujeres nacen también tetracrómatas, con un receptor extra para el amarillo. Por otro lado, la mayoría de los mamíferos tienen solo dos tipos de receptor de color y por lo tanto son dicrómatas; para ellos, solo hay dos colores primarios.

1.5.5.2 Colores secundarios

Los colores secundarios son los que se obtienen mezclando a partes iguales los colores primarios, de dos en dos:

- Rojo + Azul = Violeta.
- Rojo + Amarillo = naranja.
- Amarillo + Azul = Verde.

La disposición ordenada de los seis tonos, es decir, los tres primarios y los tres secundarios, constituye el llamado círculo cromático.

1.5.5.3 Colores terciarios

Los colores terciarios son los formados por la mezcla de un color primario con un color secundario y son los que conforman la tercera línea de la estrella de color.

1.5.6 Tricromía

Se denomina tricromía a una fórmula o receta de tintura compuesta por tres colores diferentes. Básicamente es una fórmula o receta formada por los tres colores primarios, cuya mezcla da como resultado un nuevo color con la posibilidad de tener muchos matices diferentes.

1.6 Los espectrofotómetros

Los espectrofotómetros de reflectancia miden la cantidad proporcional de luz reflejada por una superficie como una función de las longitudes de onda para producir un espectro de reflectancia. El espectro de reflectancia de una muestra se puede usar, junto con la función del observador estándar CIE y la distribución relativa de energía espectral de un iluminante para calcular los valores triestímulos CIE XYZ para esa muestra bajo ese iluminante.

2. SITUACIÓN ACTUAL

A continuación se presenta la descripción de los procedimientos, evaluaciones y controles que practica la empresa en la actualidad, específicamente el procedimiento que practica para el análisis del color en tela 100% algodón.

2.1 Proceso de tintura

El proceso de tintura como tal, que se practica actualmente, por la empresa es el adecuado, tomando en consideración que no se cuenta con un espectrofotómetro que permita el análisis correcto y eficiente del color de cada lote teñido en planta, las inspecciones durante el mismo son únicamente visuales utilizando para ello una caja de luces como herramienta y el criterio del analista para la aceptación o rechazo del lote teñido.

Este proceso de tintura se realiza tomando como base las recomendaciones tanto de las empresas proveedoras de colorantes, químicos auxiliares y asesores técnicos externos, así como las de los técnicos de tintorería internos de la empresa que aportan sus conocimientos y experiencia para lograr un proceso eficiente.

El proceso de tintura es básicamente el mismo en la mayoría de empresas textiles, únicamente puede haber variaciones mínimas debidas en un mayor porcentaje a que se utilizan diferentes colorantes y productos químicos auxiliares y por lo tanto existen diferencias en las aplicaciones, como por ejemplo, forma de añadir al baño los productos químicos y colorantes, dosificaciones, tiempos y temperaturas.

El algodón se tiñe a través de varios procesos, siendo los más utilizados el método discontinuo o por agotamiento y la tintura a la continua o por Cold Pad Batch. La diferencia entre ambos consiste en que se trabaja a temperaturas distintas, con colorantes de diferentes propiedades químicas, tiempos, etc. Además de los artículos que se procesan, ya que la tintura por agotamiento se utiliza para teñir tejido de punto de algodón 100% como el jersey, ó tejido rectilíneo 100% poliéster como el mesh. Mientras que la tintura a la continua se aplica para teñir tejido plano 100% algodón, como la gabardina, tafetán, etc.

El método de tintura por agotamiento se aplica para la tintura de varias fibras además del algodón y el poliéster, como poliamida o nylon, lycra, lana, seda y otras más.

Se hará énfasis en la tintura de tejido de punto 100% algodón utilizando obviamente el método por agotamiento, ya que es el aplicado actualmente por la empresa en estudio.

2.1.1 Tintura por agotamiento

El método de agotamiento consta de 3 fases:

- Agotamiento del colorante
- Fijación del colorante a la fibra
- Lavado del colorante reactivo que no fue fijado

▪

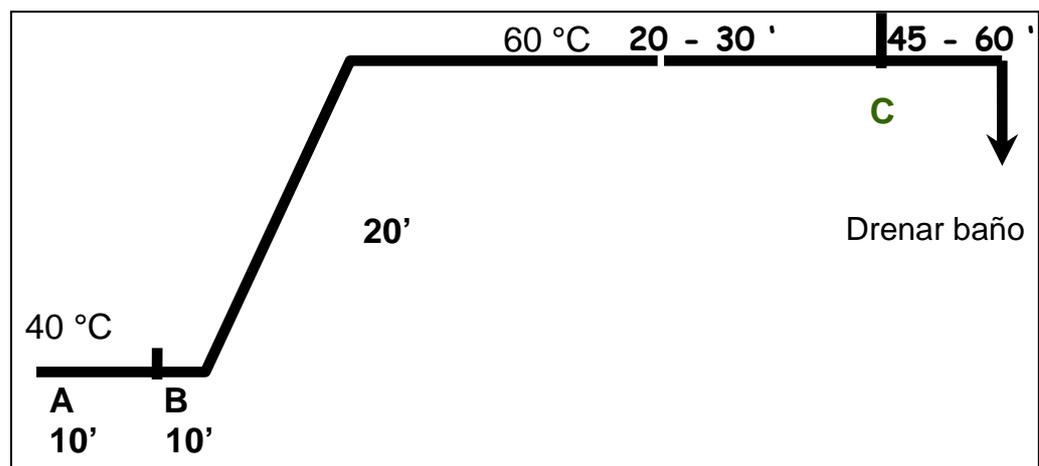
▪ Descripción del proceso:

La tintura se inicia a 40° centígrados, una vez cargada la tela en la máquina se añaden los colorantes en las cantidades indicadas en la receta o fórmula de laboratorio, más los químicos auxiliares de la tintura que ayudan

a obtener mejores resultados como un color perfectamente igualado, cero quiebres, etc. Se circula por 10 minutos y se procede con añadir el sulfato de sodio, al igual que los colorantes, se trabaja con la cantidad indicada en la fórmula ya que la misma depende de la intensidad del color a teñir. Nuevamente se circula por 10 minutos y posteriormente se inicia a subir temperatura a razón de 2 °C/minuto hasta llegar a 60°C y se mantiene la temperatura y la tela circulando por un tiempo de 20 a 30 minutos. Por último, se agrega el álcali o soda cáustica en una dosificación progresiva hasta neutralizar el baño, es decir, pH igual a 7 y se mantiene nuevamente por un periodo de 20 a 30 minutos, finalmente se drena o bota el baño y se inicia el proceso de lavado del colorante no fijado.

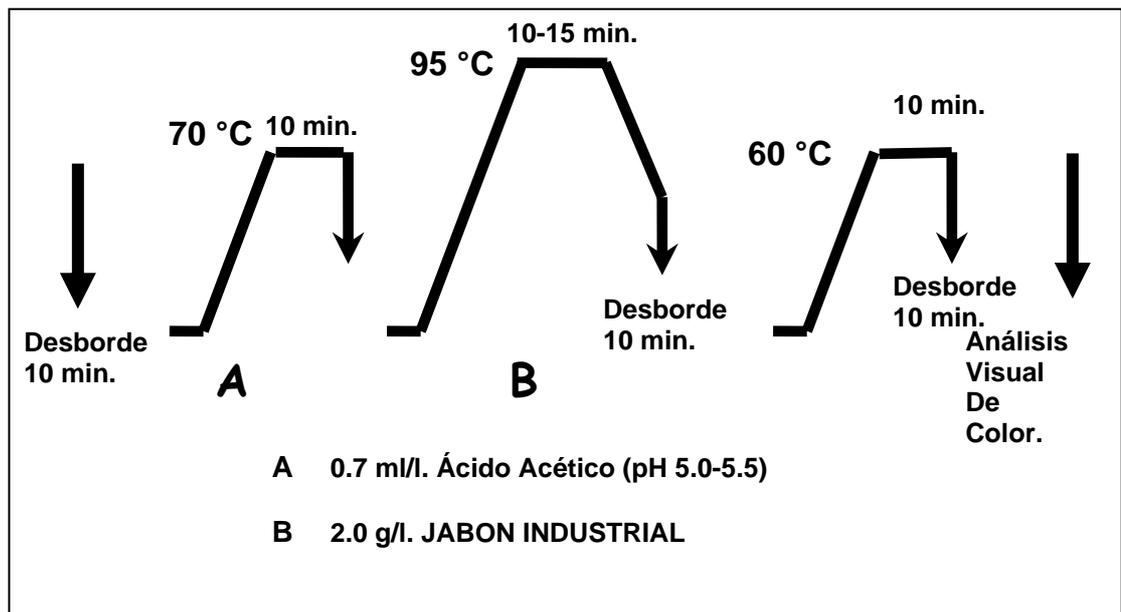
Como se puede observar no existe ninguna inspección del color en el proceso actual de tintura, sino hasta después del lavado, el cual es el análisis visual del color, del cual haremos énfasis más adelante.

Figura 4. Proceso actual de tintura



- A: Adición de colorantes y productos químicos auxiliares
- B: Sulfato de sodio
- C: Álcali o soda cáustica (dosificación progresiva)

Figura 5. Proceso de lavado



2.2 Selección de colorantes

La selección de los colorantes utilizados se basa en los siguientes aspectos fundamentales:

- Costo
- Rendimiento
- Reproducibilidad
- Concentración

- Propiedades de solidez al lavado y
- Propiedades de solidez a la luz

Lo ideal es que se trabaje todos los colorantes de una misma casa y de una misma gama o serie, para obtener resultados óptimos en las tinturas, pero en la práctica esto resulta imposible muchas veces por la disponibilidad y los precios.

En la mayoría de industrias textiles guatemaltecas no existe una planificación eficiente de compra de colorantes y muchas veces se da la situación de encontrar cero kilos en la bodega de materias primas y para poder cumplir con la producción se utilizan contra tipos de los colorantes en uso, lo que muchas veces produce cambios en las tonalidades o en alguno de los aspectos anteriormente indicados.

2.3 Formulación de colores

Este importante proceso se realiza utilizando como base dos aspectos fundamentales; el primero la experiencia del colorista y segundo las formulas de colores existentes anteriormente trabajados.

En relación al segundo aspecto mencionado se toma como fórmula inicial ya existente y únicamente se ajusta la fórmula cambiando las cantidades de los colorantes según sea el matiz deseado.

Este proceso se puede calificar como empírico tomando en cuenta que hoy en día se cuenta con programas de cómputo y con tecnología como la de los espectrofotómetros. Ambas herramientas son fundamentales en la formulación de colores, ya que aportan al colorista fórmulas exactas en un 95%, utilizando para ello las curvas de los colorantes que se utilizan en la empresa, así como otros que aunque no se utilizan pueden ser los idóneos para formular y teñir algunos colores difíciles de igualar.

2.4 Estándar de color

El estándar del color es una muestra física o digital del color requerido por el cliente. Este puede ser un número de pantone, el catálogo de colores más conocido y utilizado ó puede ser una muestra codificada por la empresa dueña del mismo y representado físicamente por un trozo de tela, algunas veces de la fibra que se desea la igualación del color y otras veces no, lo que dificulta la formulación y la comparación visual por factores de la apariencia del tejido, brillo y textura. La medida promedio de un estándar físico es de 2 x 4 pulgadas.

Actualmente con el uso de los espectrofotómetros los estándares de color son digitales, por lo cual todo el proceso desde la formulación de la receta para igualar el color, debe efectuarse utilizando el equipo. En nuestra situación actual como se carece del mismo, todo se trabaja con estándares físicos; pero en la implementación del método de análisis y evaluación de color que veremos más adelante, trabajaremos con estándares digitales y físicos, porque el análisis visual no lo dejaremos a un lado por ser muy práctico y porque sencillamente es imposible.

▪ Manejo y cuidado del estándar físico

- Mantener bajo las mismas condiciones de temperatura.
- Mantener alejado de la luz directa y la luz solar.
- Manipularse con las manos limpias y secas.
- No pueden ser cortados o mutilados.
- Mantener alejados de sustancias químicas, inflamables y colorantes.
- Mantener en su empaque original

Figura 6. Estándar físico de color



El ejemplo de estándar que se muestra en la figura 6, es el enviado por los clientes a las empresas de tintorería para igualar el color, es decir, formular el color y así poder teñirlo. Se inicia un proceso de igualación del color y una vez aprobado el mismo, este estándar de descarta y el nuevo estándar es el aprobado por el cliente y por ende la fórmula de ese color aprobado, será la que se utilice en la planta para su producción.

2.5 Análisis de color

El análisis de color actualmente se efectúa de forma empírica y sin ningún tipo de tecnología que permita obtener resultados adecuados y mucho menos eficientes, debido a que los resultados de los análisis se basan únicamente en la capacidad del ojo humano, por lo cual es imposible evitar reprocesos de tintura y devoluciones de tela.

Aunque en la actualidad existen algunas herramientas para el análisis visual del color, debe haber procedimientos y métodos de trabajo estandarizados para minimizar el margen de error en los resultados; desafortunadamente este no es el caso y es por ello que en los siguientes puntos no solamente describiremos el método utilizado, sino que también analizaremos los puntos externos que afectan el análisis y recomendaremos el método correcto de trabajo.

2.5.1 Método visual

Actualmente el método utilizado para la evaluación del color de los lotes teñidos tanto en planta como en el laboratorio, es visual, y como el nombre lo indica, consiste en analizar la muestra visualmente utilizando como herramienta principal el ojo del analista y una caja de luces con las iluminantes requeridas por el cliente, que por lo regular siempre son las mismas en todos. A través del criterio del analista, se logra determinar si la muestra posee una diferencia de matiz aceptable comparado contra el estándar del color aprobado por el cliente. Este método muchas veces es problemático debido a que el criterio de aceptación no es el mismo en todos los analistas y se presenta la situación que lotes que han sido aprobados, sean rechazados por el cliente.

Una situación muy común es aprobar un color cuya diferencia de tonalidad es aceptable comparado contra el estándar de color requerido por

el cliente, pero que comparada contra otros lotes de producción tiene un matiz diferente, es decir, se puede presentar el problema de haber aprobado un lote con matiz azulado y haber aprobado también un matiz amarillento, que dentro del diagrama de color de un espectrofotómetro son matices opuestos, teniendo como consecuencia prendas con diferentes matices.

Al momento de implementar el uso del espectrofotómetro estas diferencias serán detectadas y podremos estandarizar la producción de los colores en un mismo matiz.

Las influencias externas que se deben evitar para no afectar la percepción del color son las siguientes:

- Anteojos tintados.
- Lentes de contacto de colores.
- Anteojos de seguridad de colores.
- Brillo en la muestra de color o sustancias en el área de visión.
- Prendas de vestir brillantes.
- Brillo en las uñas de las manos.
- Diferencias extremas de tamaño entre la muestra de color y el estándar del mismo.
- Cambios en la iluminación

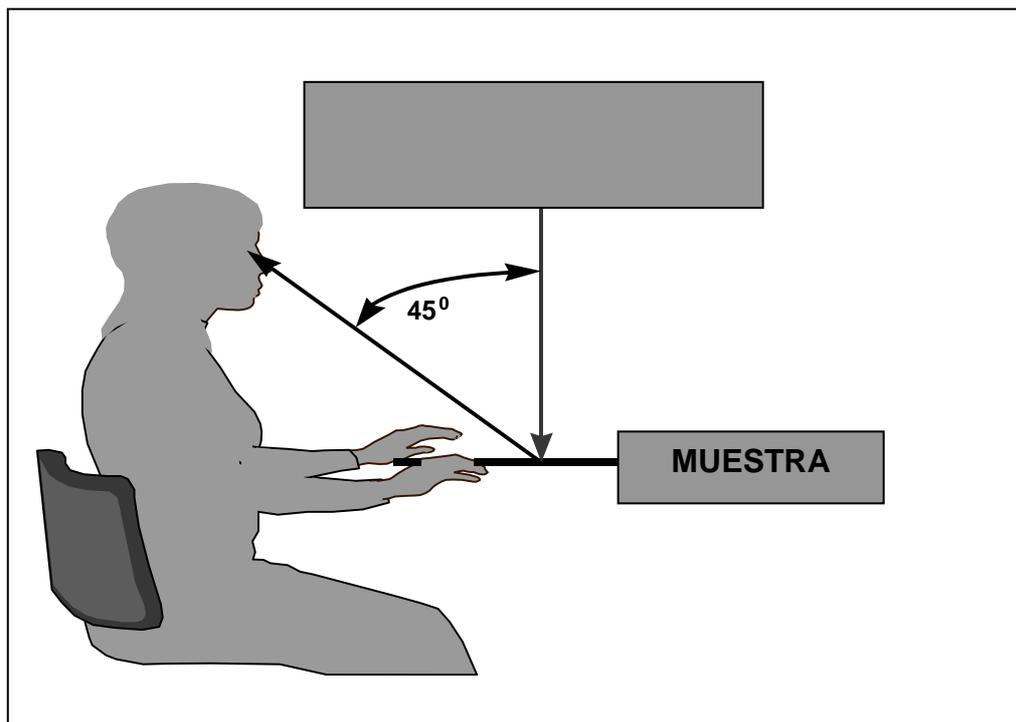
Debido a que no existe un manual de trabajo en el que se especifique el procedimiento correcto, los puntos anteriores muchas veces no son detectados por el o los analistas de color de la empresa, sin embargo se recomienda lo siguiente para minimizar su efecto:

- Anteojos o lentes de contacto transparentes sin color y
- Vestimenta de color gris o neutro.

Las recomendaciones para un análisis visual correcto y eficiente por parte del analista de color son las siguientes:

- La muestra debe observarse del lado opaco para que el brillo no afecte en la percepción del color.
- La muestra debe estar centrada en la caja de luces.
- El estándar del color debe colocarse al lado derecho de la muestra de color a evaluar.
- Alinear el dibujo del tejido verticalmente para ambas muestras.
- Las muestras deben ser observadas en un ángulo de 0 a 45°.

Figura 7. Análisis visual de color



2.5.1.1 Caja de luces

Una caja de luces como su nombre lo indica, es una caja en cuyo interior se encuentran varios tipos de luces que iluminan las muestras con

diferentes tonalidades de luz, con el objeto de poder observar el color como será visto en las tiendas de ropa y a la intemperie.

Las luces que la componen son las siguientes:

- D65: Luz de día / Energía (6500±2000) K.
- CWF: Blanco frío Fluorescente / Energía (4150±200) K.
- A: Luz Artificial de Tungsteno / Energía (2856±200) K
- UV: Ultra violeta (utilizada únicamente para ver blanco óptico)
- U 3000

El cliente es quien define cuál es el orden en importancia de las iluminantes, pero el anterior es el mayormente utilizado.

▪ **Requerimientos de una caja de luces**

Las características que una caja de luces debe poseer son las siguientes:

- Deberá colocarse dentro de un cuarto oscuro o en un área donde no afecte ninguna luz exterior a sus iluminantes.
- El interior deberá mantenerse limpio y ser pintado anualmente con un gris neutral, regularmente es sugerido por el fabricante de la caja.
- En el interior no debe haber ningún objeto, únicamente la muestra de color y el estándar.

Figura 8. Acondicionamiento de una caja de luces

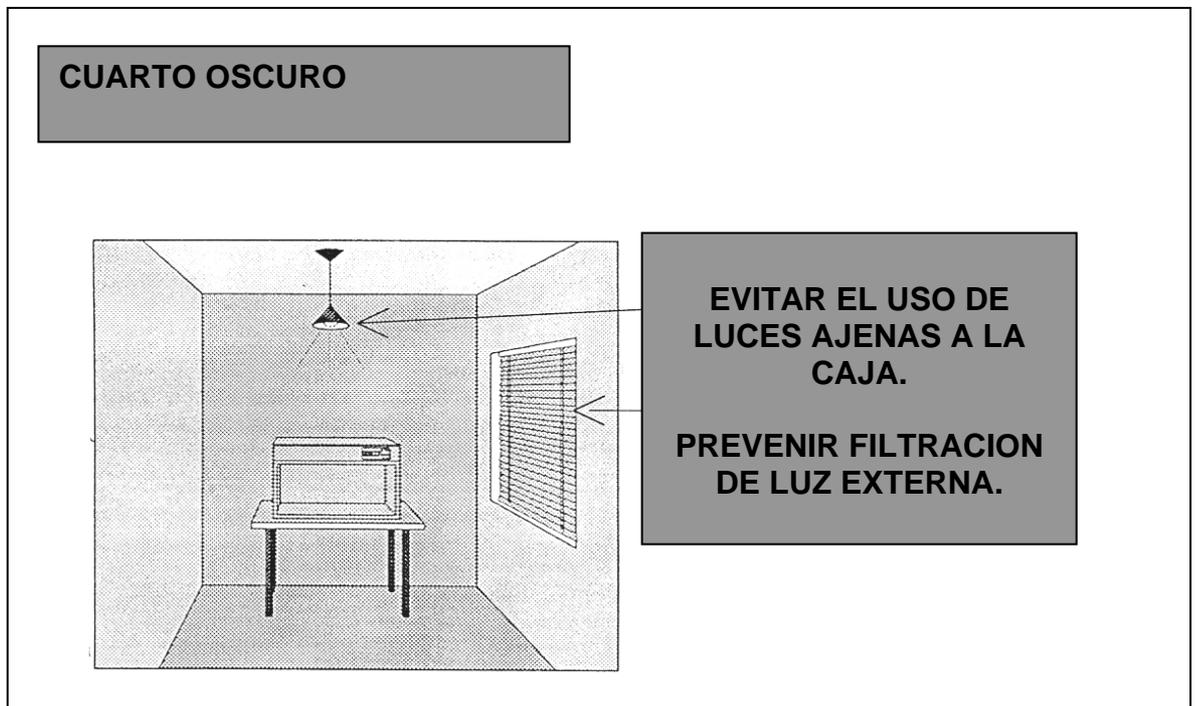
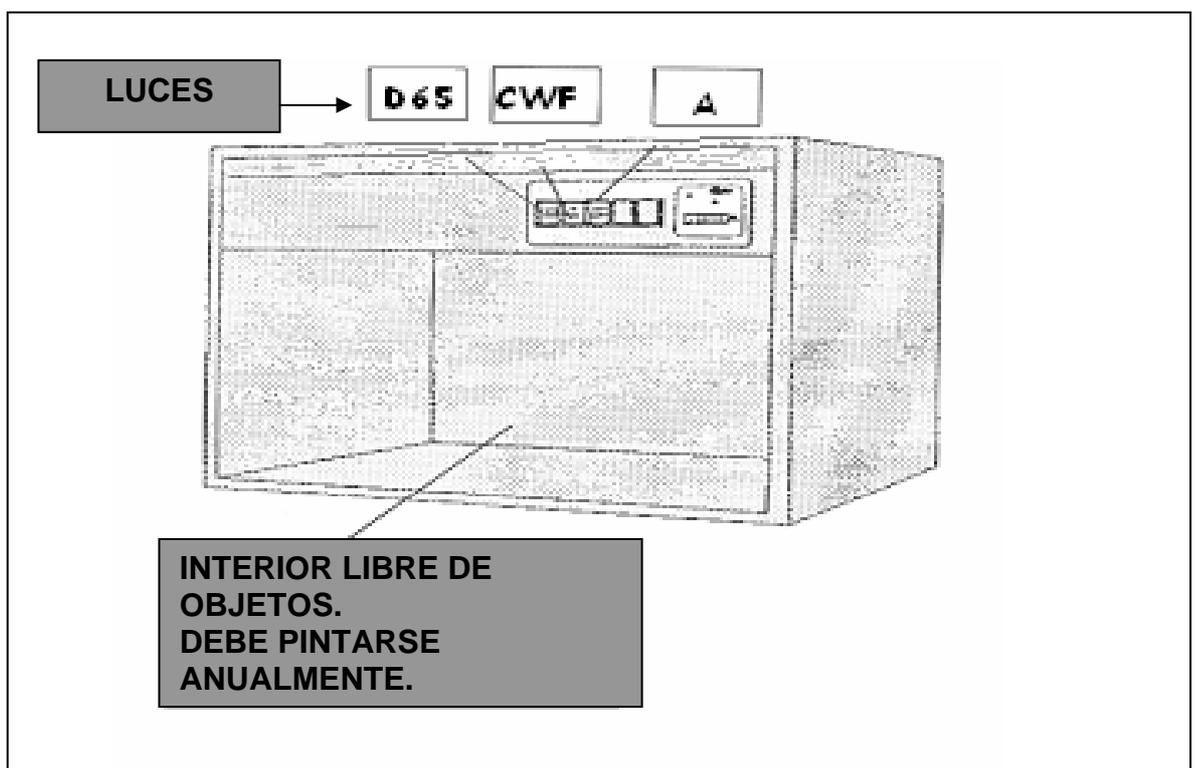


Figura 9. Cajas de luces



- La temperatura y potencia de las lámparas debe ser calibrada regularmente por personal calificado.
- Las lámparas deben ser cambiadas una vez transcurridas las horas de vida útil.

Tabla II. Vida útil de las iluminantes

Marca de la caja De luces	Vida útil en horas de las iluminantes		
	D65	CWF	A
Verivide CAC	2000	2000	2000
Macbeth Judge II	2000	2000	2000
Macbeth Spectra Light III	400	4000	2000
Datacolor Tru Vue	2000	2000	2000

2.5.1.2 Criterio de aceptación o rechazo

Como se ha mencionado en el desarrollo de los puntos anteriores respecto al análisis visual, el criterio de aceptación o rechazo dependerá del o los analistas de color. Este es un punto crítico en las industrias textiles que no ofrecen a sus clientes un análisis de color a través de un espectrofotómetro porque no hay tolerancias definidas ni parámetros de aceptación o rechazo. Debemos recordar como lo mencionamos en el desarrollo del tema del color, que el mismo depende del observador, ya que el mismo objeto tiene diferentes colores para diferentes personas.

Los factores que son necesarios para un análisis eficiente son:

- Observadores entrenados para “ver lo mismo”.
- Condiciones de visión consistentes, iluminación y ángulo de visión.
- Un lenguaje común para expresar y clasificar colores.
- Motivación

Algunos factores que afectan el análisis del color son:

- Edad de los observadores
- Experiencia de los observadores
- Visión de los observadores: El 8% de los hombres tiene visión de color defectuosa, uno de cada trece. El 0.5% de las mujeres tienen visión de color defectuosa, una de cada doscientas.

3. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL COLOR

3.1 Implementación del Espectrofotómetro

En la industria en general, pero sobre todo en la textil, el análisis eficiente del color presenta un alto grado de complejidad, sí no se cuenta con el equipo adecuado para hacerlo.

En el capítulo anterior se hizo una descripción detallada del análisis visual de colores y por lo que entendemos acerca del color, sabemos que el mismo depende del observador y de su entorno, por lo cual es sumamente complicado poder estandarizar su evaluación.

Para lograr un análisis y evaluación eficiente es necesario crear o implementar un método adecuado que cuente con los elementos necesarios para obtener resultados con un margen de error mínimo, aumente la productividad y haga más fácil la tarea.

Con la implementación del espectrofotómetro, podremos hacer que lo anteriormente descrito sea una realidad en la industria textil guatemalteca y a través de ello lograr un desarrollo exponencial en la misma.

El espectrofotómetro nos permitirá analizar colores, formularlos, controlar la calidad durante la tintura y al final del proceso productivo, así como una selección adecuada de los colorantes a utilizar.

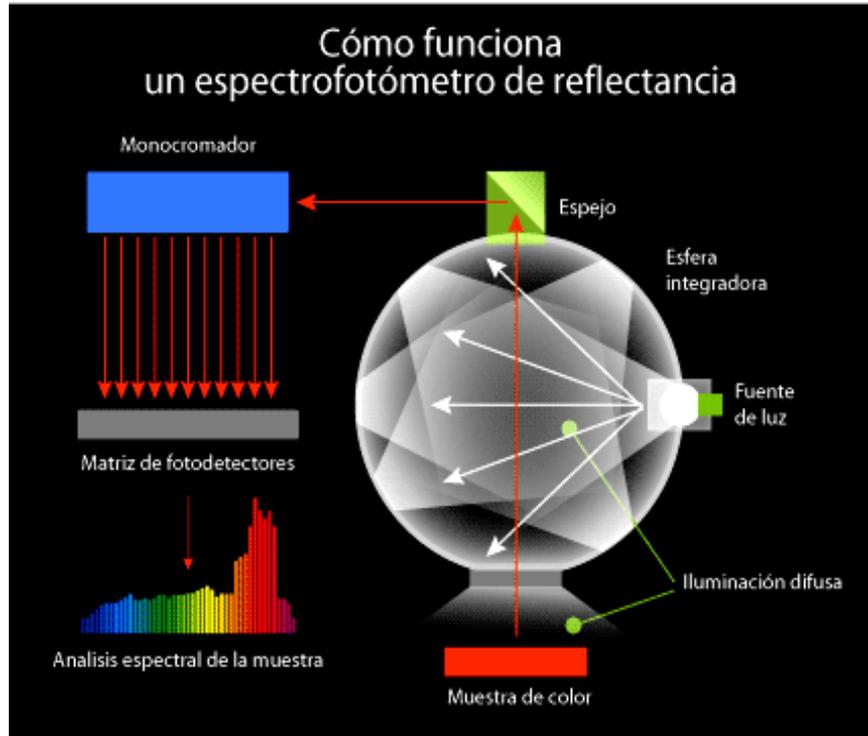
3.1.1 Funcionamiento

Como se mencionó en el capítulo uno, los espectrofotómetros de reflectancia miden la cantidad proporcional de luz reflejada por una superficie como una función de las longitudes de onda para producir un espectro de reflectancia. El espectro de reflectancia de una muestra se puede usar, junto con la función del observador estándar CIE y la distribución relativa de energía espectral de un iluminante para calcular los valores triestímulos CIE XYZ para esa muestra bajo ese iluminante.

El funcionamiento de un espectrofotómetro ilustrado en la figura 3.1, consiste básicamente en iluminar la muestra con luz blanca y calcular la cantidad de luz que refleja dicha muestra en una serie de intervalos de longitudes de onda. Lo más usual es que los datos se recojan en 31 intervalos de longitudes de onda (los cortes van de 400 nm, 410 nm, 420 nm, 700 nm). Esto se consigue haciendo pasar la luz a través de un dispositivo monocromático que fracciona la luz en distintos intervalos de longitudes de onda. El instrumento se calibra con una muestra o loseta blanca, cuya reflectancia en cada segmento de longitudes de onda, se conoce en comparación con una superficie de reflexión difusa perfecta.

La reflectancia de una muestra se expresa como una fracción entre 0 y 1, o como un porcentaje entre 0 y 100. Es importante darse cuenta de que los valores de reflectancia obtenidos son valores relativos y, para muestras no fluorescentes, son independientes de la calidad y cantidad de la luz usada para iluminar la muestra. Así, aunque los factores de reflectancia se midan usando una fuente de luz concreta, es perfectamente correcto calcular los valores colorimétricos para cualquier iluminante conocido.

Figura 10. Funcionamiento de un espectrofotómetro



3.1.1.1 Espacio de color CIE L*a*b*

Es necesario un sistema que nos permita analizar y describir un color de forma correcta. Las alternativas fueron investigadas por muchos años para encontrar un espacio de color que fuera fácil de interpretar y que tuviese intervalos iguales en todas las áreas del color. Varios sistemas se desarrollaron de esto y los siguientes son los más importantes en colorimetría hoy.

Al principio, los valores de los triestímulos del CIE X, de Y y de Z fueron utilizados para describir color. X se relacionó con el estímulo rojo, Y con el estímulo verde y Z del observador con el estímulo azul. También se relaciona con la opinión de la intensidad. Es inútil describir la tonalidad y el croma de un color sin la consideración de su intensidad.

El espacio de color de CIELAB es una mejora sobre el espacio de color del CIE X, de Y y de Z. Por medio de los siguientes factores se calcula el valor triestímulo de CIE:

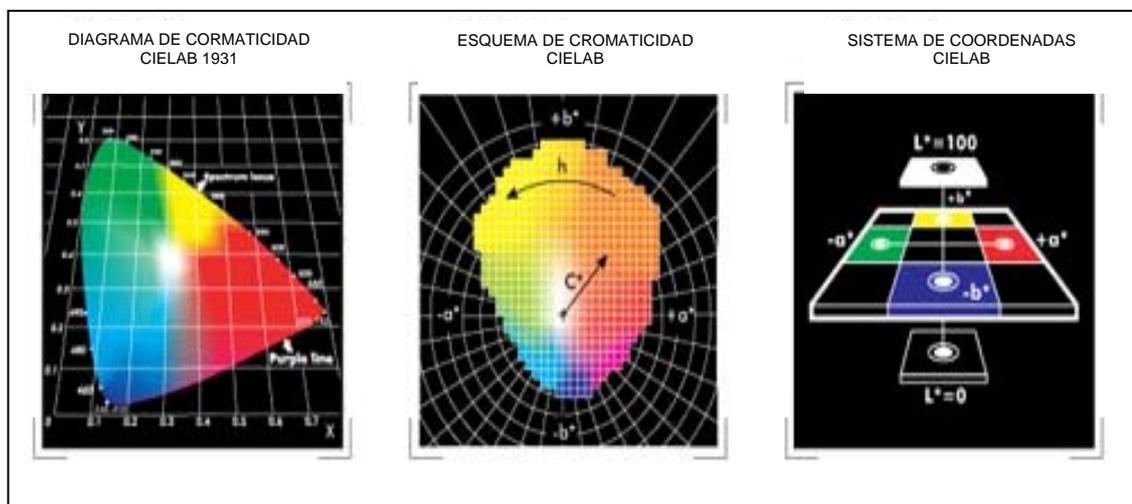
- L^* : intensidad del color,
- a^* : eje rojo-verde,
- b^* : eje amarillo-azul,
- C^* : croma - saturación y
- h : matiz

Los valores positivos de $+a^*$ representan las tonalidades rojas y los negativos tonalidades verdes. La ligereza (L^*) se extiende entre 0 = negro y 100 = blanco. Los valores positivos de $+b^*$ representan las tonalidades amarillas y la negativa tonalidades del azul.

El croma (C^*) es 0 para un color puramente acromático, pues el color llega a ser más brillante.

La tonalidad (h) es un círculo del amarillo 0° con el rojo 90° , 180° azul, verde 270° y de nuevo a amarillo. Por ejemplo, una luz, naranja brillante podía tener los valores $L^*= 70$; $C^* = 56.6$; $h=45^\circ$ o $L^* = 70$; $+a^*= 40$; $+b^*= 40$.

Figura 11. Espacio de color CIE $L^*a^*b^*$



3.1.1.2 Iluminantes

Una iluminante es un conjunto de números estándar, los cuales pueden o no representar exactamente una fuente de luz física. Mientras que una fuente de luz es un objeto físico capaz de producir luz.

Las iluminantes a utilizar para analizar el color utilizando el espectrofotómetro son las siguientes:

D65 ó luz de día: Luz de Día a 6500 K, ampliamente usada en colorimetría y cabinas de iluminación. Esta iluminante será la luz primaria, es decir que bajo esta luz analizaremos las muestras de color y los resultados de las lecturas del espectrofotómetro de nuestro interés, se centrarán principalmente en esta iluminante.

CWF: Blanca Fluorescente Fría por sus siglas traducidas a español. Esta la definimos como la luz secundaria. Y básicamente nos servirá de parámetro para observar si existe metamerismo en la muestra analizada.

A o Artificial: Cuerpo Negro a 2856 K, lámpara de tungsteno, ampliamente usada en colorimetría. La definimos como nuestra luz terciaria y el valor de la lectura de la muestra bajo esta iluminante, lo utilizaremos igualmente para evaluar la presencia de metamerismo en el color analizado.

- **Metamerismo**

La palabra metamerismo se usa a menudo para describir el cambio de color de un objeto al ser observado bajo diferentes luces. El término correcto para describir este cambio es “flare”.

En general el metamerismo está presente cuando dos objetos, lucen iguales bajo una condición de iluminación, y diferentes, al cambiar la condición de iluminación.

Sin embargo se puede tener metamerismo de iluminante, de observador o metamerismo geométrico.

En términos colorimétricos, el metamerismo está presente cuando los valores triestímulos son idénticos en un iluminante, y diferentes en otro iluminante.

3.1.1.3 Clasificación CMC

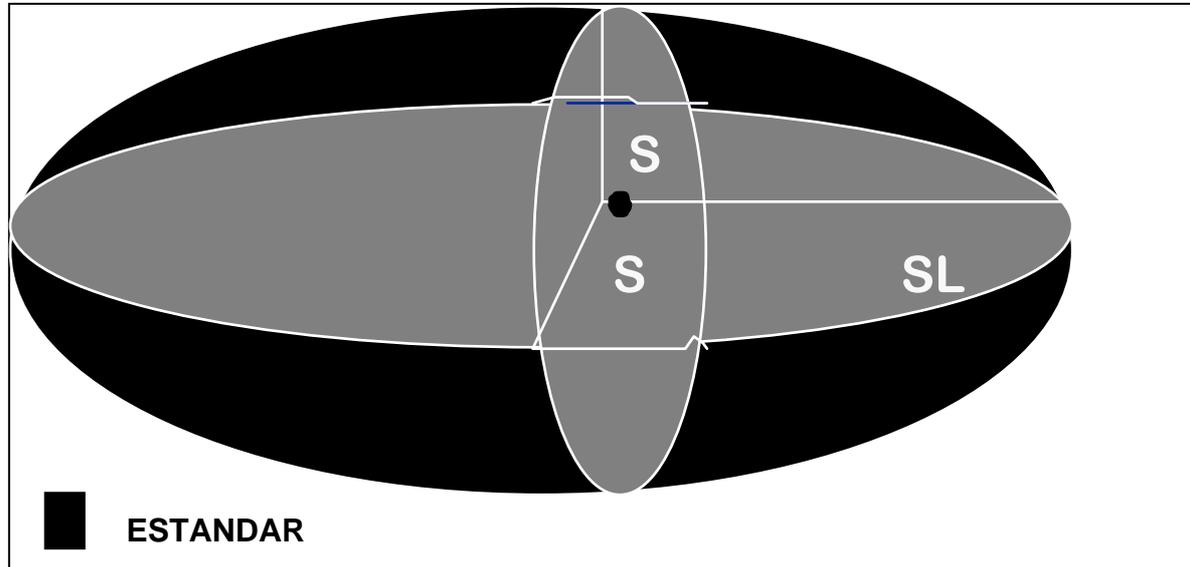
CMC se basó en un amplio estudio de la aceptabilidad visual de las diferencias de color en todas las regiones del espacio de color.

Las ecuaciones CMC utilizan los valores CIELAB L^* (valor), C^* (croma), h (matiz) de un color estándar para determinar las longitudes de los semiejes de un elipsoide que contiene todos los colores que serían visualmente aceptables cuando se comparan al estándar.

La clave en CMC es que los elipsoides de aceptabilidad varían en tamaño y forma dependiendo del área del espacio de color en el cual cae el estándar.

CMC permite que el espacio de color CIELAB visualmente no uniforme sea dividido diferencialmente en elipsoides visualmente uniformes para cada punto en el espacio de color.

Figura 12. Espacio de color CMC



Volumen de aceptabilidad cuya superficie es 1 unidad CMC del Estándar.

- **Ventajas de CMC**

CMC permite que las muestras sean estudiadas contra un estándar o controladas con el mismo número de tolerancia para todos los colores.

La diferencia de color total DE CMC y los valores de diferencia de color de cada componente, son más indicativos de las diferencias de color visual, que el espacio de color visualmente no-uniforme, reflejado por las diferencias CIELAB.

CMC permite seleccionar la importancia relativa de las diferencias en luminosidad en los cálculos de diferencia de color.

CMC permite seleccionar las tolerancias de aceptabilidad para materiales individuales y aplicaciones.

▪ **Diferencia de Color CMC**

- Longitudes de Semi-Ejes:
- Dirección $L^* = ISL$ $DL^* = ISL (cf)$
- Dirección $C^* = cSC$ $DC^* = cSC (cf)$
- Dirección $H^* = SH$ $DH^* = SH (cf)$
- $^{\wedge}cf =$ factor comercial
- Valores de Diferencia de Color de Cada Componente:
- $DL_{cmc} = DL^*/ISL$
- $DC_{cmc} = DC^*/cSC$
- $DH_{cmc} = DH^*/SH$
- Diferencia de Color Total:
- $DE_{cmc} = ((DL^*/ISL)^2 + (DC^*/cSC)^2 + (DH^*/SH)^2)^{1/2}$

En resumen, la clasificación CMC permite analizar y evaluar colores por medio de un espectrofotómetro, detectando únicamente diferencias de color sensibles al ojo humano.

CMC, es la clasificación mayormente aplicada por la industria textil, debido a que las tolerancias permitidas en relación a las diferencias de color ,son mayores que la clasificación CIELAB, respaldándose en el hecho que diferencias de tonalidad mayores a las detectadas no serán sensibles al ojo humano.

3.2 Formulación de colores

La metodología de análisis y evaluación de las propiedades del color por medio de la implementación de un espectrofotómetro, nos permite iniciar controlar el proceso de tintura desde la formulación de los colores, a través

de una selección adecuada de colorantes, además de un ahorro en el tiempo de trabajo y por ende un laboratorio de color eficiente.

La formulación y la corrección del color implican una serie compleja de tareas. La tecnología que ayuda a línea aerodinámica de este proceso requiere software sofisticado. Pero sofisticado en el interior no tiene que significar, complicado en el exterior. Los coloristas que trabajan con estos sistemas deben poder concentrarse en su trabajo, no en el trabajo de la computadora. El software de la formulación debe seguir el plomo del colorista y responder a las peticiones del colorista. Los diseños lineales del programa requirieren a un usuario navegar por un laberinto. La generación más reciente del software de formulación del color, ofrece las herramientas dinámicas que se adaptan a las necesidades del colorista.

Para estar verdaderamente orientados hacia el usuario, los diseñadores del software deben reconocer que la gente que usa el sistema tiene diversos niveles de habilidad. A través de la experiencia se ha observado que la mayoría de las compañías, tienen empleados cuya experiencia se encuentra en uno de tres niveles siguientes:

- El técnico de laboratorio inexperto que justo está aprendiendo cómo formular colores.
- El colorista más experimentado que desea maximizar su eficacia y productividad.
- El científico altamente experimentado del color, usuario de la energía que desea utilizar el sistema de la formulación en nuevas y creativas maneras.

Actualmente la empresa se encuentra en la primera clasificación, se es inexperto ya que aún no se cuenta con el equipo. En el siguiente capítulo conoceremos el procedimiento de formulación de colores, a través de una selección adecuada de colorantes que no causen problemas en la planta como ya se mencionó anteriormente.

3.2.1 Curvas de colorantes

La curva de un colorante permite analizar el comportamiento del mismo en función de su concentración. Algunas casas de colorantes proveen a los laboratorios de archivos digitales en los que se encuentran las curvas de sus colorantes, pero lo más común es que el técnico de laboratorio realice los punteos de cada colorante en concentraciones de 0.1, 0.2, 0.3, hasta llegar al 1%. Se debe efectuar el procedimiento indicado y luego se toman lecturas de cada muestra a distinta concentración y se ingresan al espectrofotómetro.

Con lo anterior el equipo tendrá registrados los comportamientos de los colorantes en sus diferentes concentraciones, lo cual se aprovechará en el momento de formular un tono, ya que el espectro proporcionará recetas de tintura en base a las curvas registradas.

3.2.2 Selección de tricromías

Una tricromía como se explicó en capítulos anteriores, es una fórmula compuesta por tres colorantes, de preferencia de una misma gama o familia.

La selección de tricromías adecuadas para un proceso de tintura eficiente consiste en utilizar por medio de la ayuda del espectrofotómetro, colorantes con propiedades aptas para obtener excelentes resultados en reproducibilidad y solidez.

La tricromía ideal es aquella con la que obtengamos el menor metamerismo posible, el menor costo y sobre todo reproducibilidad en el matiz deseado.

Con el espectrofotómetro podremos determinar lo anterior a través de valores numéricos.

3.3 Análisis de tinturas

El análisis de tinturas es el objetivo principal de la implementación del método de análisis y evaluación de las propiedades del color, ya que a través de un análisis eficiente durante el proceso obtendremos innumerables beneficios.

Básicamente lo que buscamos es estandarizar la producción de colores en un mismo matiz, sin importar la cantidad de lotes teñidos. Es decir, no se busca solamente que el color lo apruebe el espectro comparándolo contra el estándar, sino que además, poder obtener miles de yardas teñidas en el mismo punto de color.

Por ejemplo, se evitará despachar al cliente un caqui azulado y un caqui rojizo, es decir, se despachará solamente uno de los dos matices y en base al matiz del primer lote despachado trabajaremos los demás.

3.3.1 Durante el proceso de tintura

El análisis de tintura durante el proceso es fundamental, ya que es el momento justo para ajustar la receta si la lectura de la muestra del lote teñido, indica diferencias contra el estándar o simplemente el matiz es diferente al resto de los lotes.

El ajuste a la receta o matizado como se conoce en el medio textil, causa menos problema cuando la tela no ha pasado a los procesos posteriores, como lavado, secado y acabados, siendo los más comunes, el suavizado y compactado, ya que si se da la necesidad de matizar un lote ya suavizado, no solo perderemos los productos químicos utilizados, sino tiempos de máquina, horas hombre y necesitaremos un lavado a alta temperatura para eliminar el suavizante de la fibra.

Por lo anterior se realizarán dos evaluaciones de color durante el proceso de tintura, uno antes de neutralizar el baño y otro antes del lavado final.

3.3.2 Al final del proceso de tintura

Este punto de análisis y evaluación del color, se realizará solamente para contar con un registro de los lotes una vez los mismos estén fuera de las teñidoras y lo aprovecharemos como un respaldo previo a los siguientes pasos del proceso; de esta forma el departamento de secado y acabados contarán con una autorización por parte del laboratorio de colorimetría.

3.3.3 Al final del proceso de producción

Este será la última evaluación realizada en el proceso como tal, y con este análisis determinaremos si los procesos de secado, suavizado y compactado pudieron afectar el matiz del lote, esto sucede especialmente en los blancos que presentan variaciones mínimas en el grado de blanco debidas algunas veces al carácter químico de los suavizantes y en otras a la temperatura de secado que tiende a amarillear.

3.4 Control de Calidad

El método de análisis y evaluación de las propiedades del color es básicamente una herramienta de control de calidad para la empresa que lo implemente, ya que realiza inspecciones durante el proceso y al final del mismo.

Se garantiza la calidad de un producto cuando este cumple con las expectativas del cliente y cumple con todos los requisitos, y al efectuar un análisis eficiente del color aseguramos un producto de calidad.

3.4.1 Análisis del color en producto terminado

Como control de calidad interno se efectuará un análisis del color a cada 60 yardas de tela, que forma un rollo de los 20 que componen un lote, de esta manera aseguramos que la tela no presentará cambios de tonalidad a lo largo ni a lo ancho.

El método consiste en cortar un trozo de tela al principio de cada rollo empacado, de manera que tendremos una muestra del principio y final de cada uno, lo que permitirá garantizar que la tintura no presenta cambios de matiz.

Además las muestras cortadas se utilizarán como respaldo y prueba de lo que se aprobó y se entregó al cliente.

3.4.2 Criterio de aceptación o rechazo de lotes

Como se ha mencionado el criterio de aceptación se basa en los valores de las lecturas del espectro, tomando como una tolerancia máxima de diferencia 1.0, además de que los lotes se encuentren todos en el mismo cuadrante en el diagrama de color y por supuesto ninguna diferencia visual.

3.5 Beneficios obtenidos

Los beneficios obtenidos a través de la implementación del método de análisis y evaluación de las propiedades del color son los siguientes:

- Reducción en reprocesos
- Reducción en costos de producción
- Clientes satisfechos
- Aumento de la eficiencia en la planta

- Aprovechamiento máximo de los recursos
- Productos de calidad
- Incremento en las ventas
- Incremento en las utilidades.

4. IMPLEMENTACIÓN

4.1 Metodología de formulación

Una formulación adecuada de los colores es fundamental para tener una planta de producción eficiente y que produzca con la calidad deseada; es por ello que en los incisos siguientes se detallan los puntos críticos para lograr obtener recetas o fórmulas de tintura que permitan reproducibilidad con el menor porcentaje posible de diferencia de color entre lotes, y excelentes propiedades de solidez.

4.1.1 Selección de software

La elección o selección del software adecuado para operar el espectrofotómetro dependerá en un cien por ciento de la marca del mismo, ya que por lo regular los fabricantes de estos equipos cuentan con su propio programa para operar los mismos.

No se recomienda un software específico, pero se sugiere que lo ideal es utilizar el recomendado por el fabricante del espectrofotómetro. Seguir esta instrucción evitará problemas de lecturas erróneas y de incompatibilidad entre el espectrofotómetro y el programa de ejecución.

4.1.2 Selección de gamas de colorantes

Elegir una gama de colorantes correcta conlleva una serie de evaluaciones de laboratorio de las siguientes propiedades:

- Rendimiento
- Reproducibilidad
- Poder de fijación
- Solubilidad
- Precio
- Solidez al lavado
- Solidez a la luz
- Solidez al frote

Para este estudio será la reproducibilidad la propiedad de mayor interés, ya que lo que se busca es lograr obtener la producción en un mismo cuadrante de tonalidad o matiz sin importar el número de lotes y es esta propiedad la que se enfatiza como determinante para el estudio y para la recomendación.

4.1.2.1 Colorantes Synozol K

Los colorantes Synozol K, pertenecen a la empresa coreana llamada Kyung In Synthetic Corporation, y son colorantes reactivos para la tintura de algodón 100%.

La gama K, está subdividida por varias series de colorantes dependiendo la necesidad de la empresa tintorera. A continuación se detallan las series más importantes y sus características más importantes:

- Serie Synozol K-EF / alta reproducibilidad, tonos medios a pasteles y excelentes propiedades de solidez.
- Serie Synozol K-HL / Tonos pastel con excelente solidez a la luz.
- Serie Synozol K-BD CONC. / serie económica para tonos intensos.

- Serie Synozol K-R / matiz brillante y alto rendimiento

Como anteriormente se indicó, el estudio se enfocará en la serie de mayor reproducibilidad, los colorantes Synozol K-EF, mismos que son la recomendación ideal para su implementación, ya que son la opción más rentable para la empresa en la relación costo beneficio. Los colorantes que la componen son:

- Amarillo Synozol K-EF
- Rojo Brillante Synozol K-EF
- Rojo Synozol K-EF
- Azul Synozol K-EF

Será con estos colorantes con los que se llevará a cabo los experimentos de aplicación del espectrofotómetro como herramienta en la producción.

4.1.2.2 Colorantes Corafix G

La gama de colorantes Corafix G, pertenecen a la casa hindú Colourtex Inc., y de igual forma que los Synozol K, son colorantes para teñir únicamente algodón 100%, y así como los anteriores, cuentan con propiedades interesantes que pueden motivar su uso. Esta gama de colorantes se han incluido en este estudio como una segunda alternativa sugerida para la implementación del espectrofotómetro, ya que las propiedades y comportamiento son muy similares, pero no formarán parte del estudio experimental de este trabajo de investigación.

4.1.3 Ingreso de curvas de colorantes seleccionados

La curva de un colorante muestra el comportamiento del mismo según cambia la concentración. El ingreso de las curvas es necesario para poder obtener formulas utilizando el espectrofotómetro.

4.1.3.1 Procedimiento

A continuación se detallan los pasos para el ingreso de curvas de colorantes:

1. Escoger el tejido más frecuentemente utilizado, por ejemplo: algodón, poliéster, nylon, lana, etc., sobre el cual se crearán las escalas de colores a almacenar en la biblioteca, las cuales deben pertenecer a las gamas de colorantes consideradas o las gamas ya utilizadas.
2. Almacenar una cantidad significativa del mismo tejido, para futuros trabajos de escalas de colores y evitar que el cambio de tejido o sustrato sea un factor de variabilidad,
3. Realizar el proceso de tintura asegurándose de efectuarlo con las mismas condiciones que se tendrá en la planta, es decir, misma curva de teñido, los mismos auxiliares, la misma agua y temperatura.
4. Realizar el proceso de tintura dos veces, con pocos días de diferencia entre ellos, esto para tomar como referencia un resultado promedio entre ambos.

▪ **Cálculo de concentraciones**

1. Para los colorantes que no son recomendados para un uso mayor al 3%, se recomienda realizar la escala en las siguientes cinco concentraciones:

0.03% 0.10% 0.30% 1.00% 3.00%

2. Para los colorantes que exceden en concentración al 3% y se utilizan rara vez concentraciones menores a esta, y una concentración máxima al 6%, la escala es la siguiente:

0.10% 0.30% 1.00% 3.00% 6.00%

3. Para los colorantes que se recomienda utilizar concentraciones menores al 1%, la escala es la siguiente:

0.01% 0.03% 0.10% 0.30% 1.00%

4. Para las tintorerías que no manejan sus fórmulas en porcentaje sino en gramos por litro, deben multiplicar las concentraciones indicadas en los incisos anteriores por 10. Por ejemplo:

5. 0.30 g/l 1.0 g/l 3.00 g/l 10.00 g/l 30 g/l

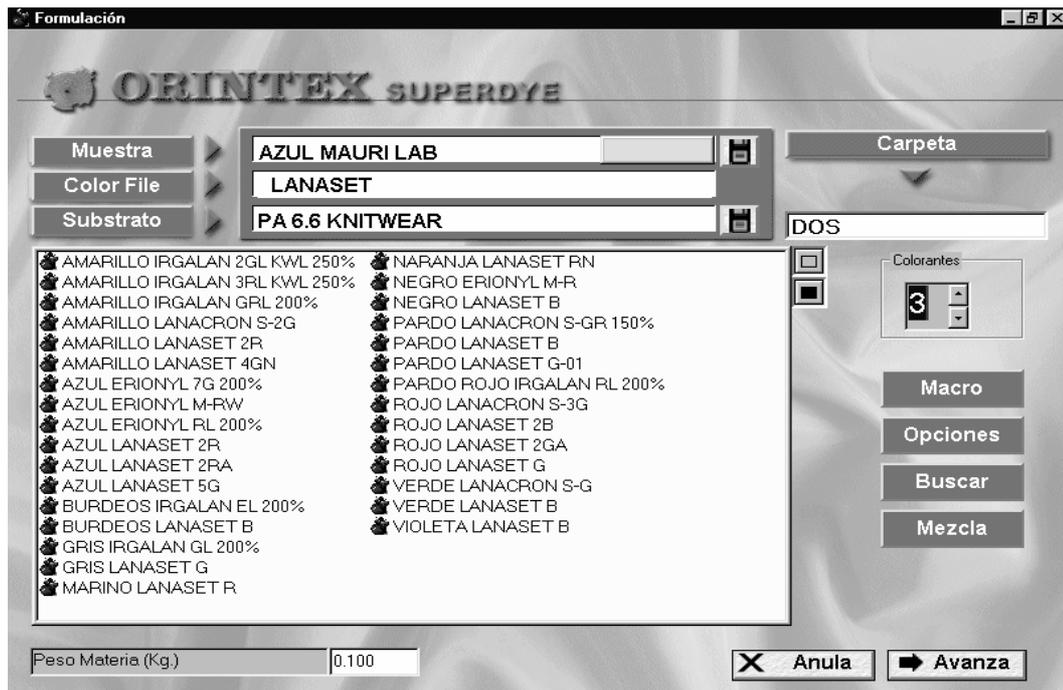
Las recomendaciones anteriormente indicadas son válidas para cualquier tipo de colorante. Asimismo, se sugiere realizar dos veces el procedimiento de tintura de las escalas de color para comprobar los resultados y valores de concentración.

4.1.4 Procedimiento de obtención de recetas

En la función “Formulación” se selecciona la muestra en el Color File con el cual se quiera formular y el substrato, solo en el caso de no coincidir con el asociado al Color File. Para ello se presiona en el botón “substrato”

marcado con la etiqueta correspondiente. La figura 13 ilustra el Color File o archivo de colores previamente ingresados.

Figura 13. Archivo de curvas de colorantes



En el caso de la muestra, se puede especificar directamente mediante el número de orden de la carpeta. Junto a los datos de la muestra y el substrato hay un icono de un disquete y presionándolo con el ratón se puede memorizar la muestra y el substrato respectivamente.

Pulsando el botón “Carpeta” aparece la figura 14 desde donde se puede cambiar la preferencia en la carpeta de las muestras.

Figura 14. Cambio de preferencias en carpeta de muestras



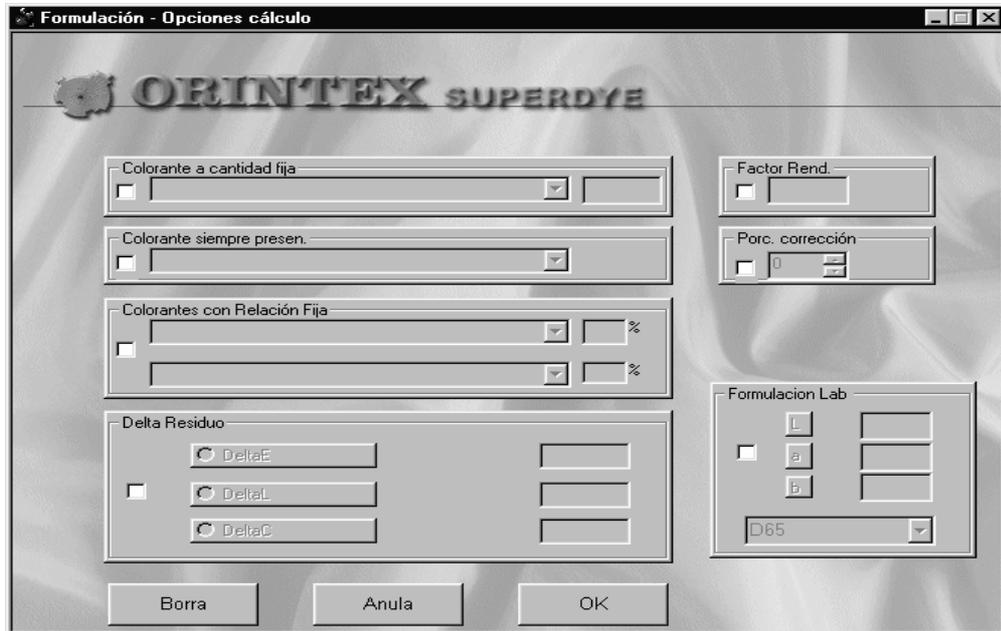
Pulsando con el ratón sobre el botón “Color File” aparecerá una lista con todos los archivos que tiene el sistema, los cuales son los colorantes sugeridos por el programa previamente ingresados al mismo y se selecciona uno de ellos para ser utilizado en la formulación. El número de colorantes que se utilizarán en la formulación se selecciona, presionando con la flecha hacia arriba o hacia abajo, los cuales pueden ser de dos a seis.

Para seleccionar los colorantes que intervendrán en la formulación de la muestra se puede usar el ratón para seleccionarlos uno a uno, o se pueden también pulsando el cuadrado negro para seleccionarlos todos.

También se puede presionar el botón “Buscar” para seleccionar los colorantes que forman un subgrupo.

Pulsando el botón con la etiqueta “opciones” se accede a la siguiente ventana:

Figura 15. Opciones especiales para formulación



En esta pantalla se pueden especificar en forma optativa las opciones especiales que se deseen para la formulación. La primera de ellas es fijar la cantidad de un colorante, para ello se presiona en el cuadradito blanco con lo que aparecerá la lista de todos los colorantes para poder seleccionar uno y poder fijar la cantidad.

La segunda opción es poder seleccionar un colorante para que esté siempre presente en todas las fórmulas.

La tercera opción es poder fijar una relación fija entre los colorantes que intervendrán en la fórmula.

La siguiente opción permite definir un delta E (DE), un delta L (DL) o un delta C (DC); para ello se debe presionar en el cuadradito blanco y seleccionar una de las tres opciones y el valor numérico.

El factor de rendimiento puede utilizarse cuando se conozca con antelación que el rendimiento de los colorantes sobre la nueva fibra es diferente al rendimiento de los mismos con la fibra con la que se ha realizado el Color File o archivo de colores. Dicho factor se expresa en tanto por uno.

La última opción es el porcentaje de corrección, y se usa en el caso en que la muestra esté formada por dos o más fibras. Dicho factor expresa en tanto por cien.

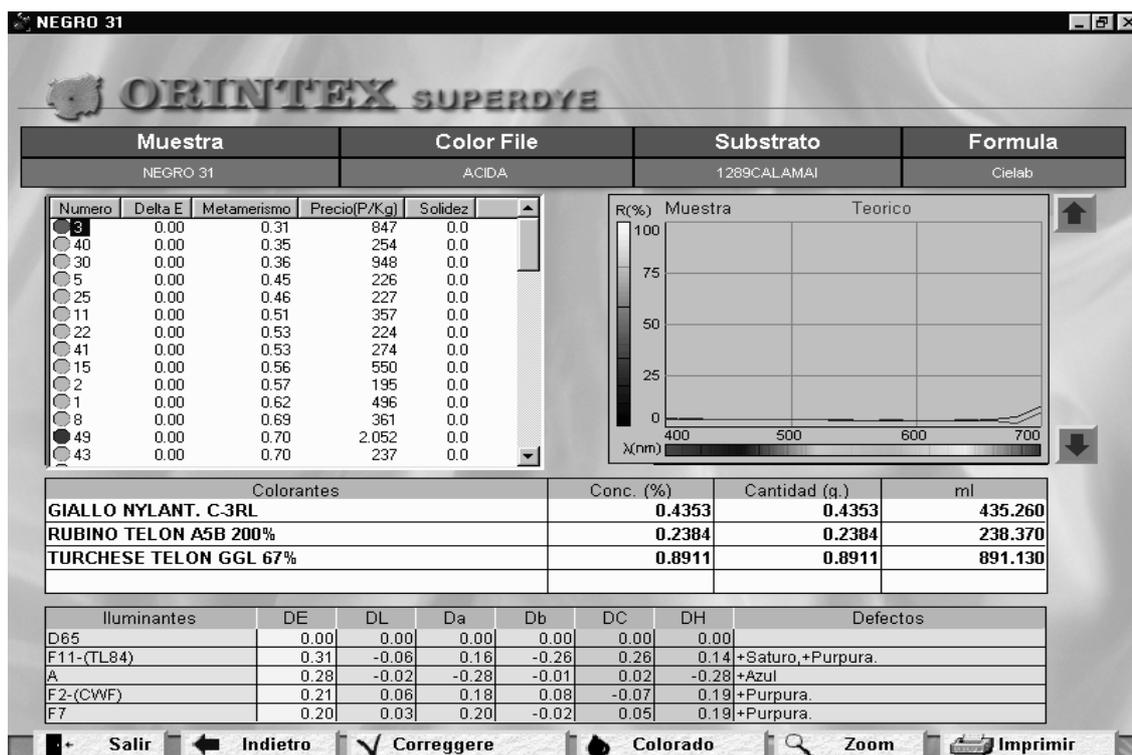
En este apartado se puede formular especificando los valores L, a, b y la luz en lugar de especificar una muestra, para ello se debe presionar en el cuadradito del grupo "Formulación Lab".

Volviendo a la figura 13, en la parte inferior existe un campo para especificar el peso de baño en kilos.

Si se presiona el botón "Buscar" de la figura 13, aparece una ventana que permite seleccionar los colorantes que se utilizarán en la fórmula en función de uno de los subgrupos definidos. Posteriormente podemos manualmente añadir o quitar algunos de los colorantes que intervendrán en las fórmulas.

Después de seleccionar los colorantes presionando el botón “Sigue”, se calcularán las recetas posibles.

Figura 16. Cálculo de recetas paso 1



Estas se listan en la parte superior izquierda de la figura 16, en la cual se especifica el delta E (DE), el metamerismo, el precio por kilogramo, la solidez y el número de receta. Presionando una vez sobre las etiquetas de la línea de cabecera se obtiene la lista clasificada según dicho campo.

Presionando sobre el número de receta, permite visualizar en la parte central las curvas de la muestra y la teórica calculada. Debajo de los datos de la receta se visualiza la información correspondiente al delta E (DE), delta L (DL), delta a (da), delta b (db), delta C (dc), delta H (dh) y las diferencias entre el estándar real y el estándar teórico.

Presionando en el botón “Zoom” se obtiene la visualización de las recetas calculadas; el orden en que aparecen puede seleccionarse según criterio de precio, delta E (DE), metamerismo, etc.

Figura 17. Cálculo de recetas paso 2

	1	6	4	2	3	5	7	8
Delta E	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.33	1.39	3.51
Metamerismo	0.46	0.69	1.09	1.19	1.93	0.18	1.27	3.11
Precio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Solidez	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
AMARILLO IRGALAN 2GL KWL 250%	0.2595	0.4701	0.3731	0.4217	0.0820	0.0000	0.0000	0.0000
AMARILLO IRGALAN 3RL KWL 250%	0.4456	0.0574	0.9063	0.8841	1.2369	0.0001		
AMARILLO IRGALAN GRL 200%							0.5153	1.0875
AMARILLO LANACRON S-2G								
AMARILLO LANASET 2R								
AMARILLO LANASET 4GN								
AZUL ERIONYL 7G 200%								
AZUL ERIONYL M-RW	2.7178						2.9194	
AZUL ERIONYL RL 200%				4.7146				5.8755
AZUL LANASET 2R					4.0737			
AZUL LANASET 2RA			5.2640					
AZUL LANASET 5G								

Con las flechas se puede mover la lista de las recetas, de tal forma que se visualice la información deseada en la pantalla.

El botón “Colorado” permite de enviar a dosificar la receta seleccionada de forma automática a la máquina pipeteadora, esto si se cuenta con este equipo en el laboratorio, de lo contrario deberá hacerse manualmente.

El botón “Imprimir” permite imprimir las recetas calculadas.

La receta de la figura 17 muestra la concentración en porcentaje, la cantidad de color en gramos y en mililitros para dosificar. Para la cantidad en gramos se calcula en función del peso del baño.

Presionando el botón “Mezcla” de la figura 18 se visualiza la siguiente figura:

Figura 18. Porcentajes de mezcla

Progr.	Colorantes	Color	Color File	Parc.
--------	------------	-------	------------	-------

Añade Colorantes Fondo < Atras Sigue >

En dicha pantalla se pueden definir hasta tres Color Files con sus respectivos porcentajes de mezcla. Pulsando el botón “Sigue” comienza el cálculo de las recetas.

4.1.4.1 Tricromía de gama única

Una tricromía como bien se definió en el capítulo uno, está compuesta únicamente por tres colorantes; amarillo, rojo y azul, o, amarillo, rojo y azul marino.

Un error muy común en el que se incurre en la formulación de colores es mezclar colorantes no solamente de gamas diferentes, sino también de casas diferentes, obteniendo muchas veces como resultado problemas en la igualación de los colores, debido a que los colorantes no tienen las mismas propiedades. Para evitar esto se recomienda utilizar formulas compuestas por una gama única, es decir, que los tres colorantes que forman la tricromía sean de la misma serie y por supuesto de la misma casa.

A continuación el ejemplo de una fórmula de tintura compuesta por una misma gama o serie:

Amarillo Synozol K-EF	0.15%
Rojo Brillante Synozol K-EF	0.14%
Azul Synozol K-EF	0.08%

4.1.4.2 Tricromía de varias gamas

Básicamente la diferencia con la anterior es que esta fórmula está formada por más de una gama o serie y obviamente no es lo ideal y no se sugiere como una alternativa adecuada. Evidentemente la recomendación será siempre teñir con fórmulas compuestas por colorantes de una misma casa y además de la misma gama o serie.

A continuación el ejemplo de una fórmula de tintura compuesta por más de una gama o serie:

Amarillo Corafix GD-3R	0.78%
Rojo Synozol K-EF	1.65%
Azul Synozol K-EF	0.27%

4.1.4.3 Selección de la tricromía ideal

En la industria textil y específicamente en el área de tintorería se dice que no existe una tricromía perfecta, pero definitivamente siempre hay una que es la mejor alternativa.

La tricromía ideal debe tener las siguientes características:

- Los colorantes que la forman deben ser de la misma gama y por ende de la misma casa.
- El rendimiento debe ser el mismo.
- No debe existir metamerismo.
- Los tres colorantes deben agotar a la misma temperatura.
- Las propiedades de solidez deben ser las mismas.
- El tamaño de sus moléculas debe ser igual.

Todo lo anterior se debe tomar en cuenta al formular y teñir, y así respetar el principio de la Gama Única. Este trabajo experimental se desarrollará con los colorantes de la serie Synozol K-EF, la recomendación de tricromías son las siguientes:

Amarillo Oro Synozol K-EF	Amarillo Synozol K-EF
Rojo Synozol K-EF	Rojo Brillante Synozol K-EF
Azul Marino Synozol K-EF	Azul Synozol K-EF

Los colorantes seleccionados de la serie anterior dependerán del color a desarrollar.

4.2 Metodología de análisis del color

Los espectrofotómetros de hoy son instrumentos que miden de una forma muy exacta y que proporcionan resultados muy exactos. No es posible engañar a un instrumento que mide de la misma forma siempre, cosa que no sucede con el ojo de un observador.

Aunque los instrumentos que miden son muy exactos, la medida de color instrumental se puede afectar por factores tales como temperatura, humedad y preparación de la muestra. La temperatura y la humedad deben por lo tanto ser supervisadas y un proceso cuidadoso en la preparación de la muestra se requiriere para evitar errores en la medición. Por ejemplo, se debe acondicionar suficientemente la muestra antes de la medida, de modo que la temperatura y la humedad sigan siendo constantes durante la medida. Después del secado de la muestra, esta debe dejar enfriar por lo menos 2 horas antes de realizar la medición.

Uno de los elementos determinantes es utilizar un sistema de control del color donde la medida sea exacta y repetible en las muestras que son evaluadas. La técnica pobre en la medida de la muestra disminuirá grandemente la exactitud de las fórmulas producidas por el espectrofotómetro y proporcionará resultados engañosos durante la evaluación.

4.2.1 Procedimiento de lectura de colores

Antes que cualquier muestra sea medida y se almacene en la base de datos de la computadora, una técnica repetible de la medida debe ser establecida y ser observada. Las muestras se deben medir siempre en posiciones múltiples, buscando analizar la muestra en la mayor área disponible en el espectrofotómetro que es utilizado, ya que mientras las muestras sean bastante grandes podrán cubrir totalmente el área de la

visión. Nuevamente se enfatiza que el acondicionamiento de la muestra es importante porque las variaciones en temperatura y contenido de agua pueden contribuir a las variaciones en datos de la medida.

- **Grueso de la muestra**

Dos a cuatro capas serán suficientes para que los materiales tejidos alcancen una muestra opaca para la presentación al instrumento. Si el material no es opaco, la luz pasará a través de la muestra y reflejará el material del forro o el sostenedor de la muestra y producirá datos engañosos en la medida.

Los materiales ligeros y translúcidos requerirán a menudo capas como sean necesarias para llegar a ser opacos y que el material sea forzado en el interior del instrumento al medir, causando la medida inexacta de la reflexión.

- **Colocación de la muestra**

La rotación de la muestra y el colocarla de nuevo reducirán la variabilidad de la medida debido a la construcción de la tela, a la orientación de los hilados y a los puntos desiguales por tintura. Una práctica común en la medida de la muestra es colocar la muestra en el puerto del instrumento y rotar simplemente la muestra para cuatro o más medidas. Esta técnica es rápida, pero no explicará las variaciones debido a teñir desigual y debe ser evitada. Una mejor técnica es quitar la muestra del instrumento y colocarla de nuevo antes de lecturas adicionales. El cuidado se debe tener siempre para evitar que cualquier área de la muestra sea contaminada por suciedad, huellas digitales, pliegues, manchas de colorante, u otras sustancias.

- **Tipos y presentación de la muestra**

Las muestras que se miden se pueden presentar en un surtido de formas y de fibras. El tipo de muestra es a menudo dependiente del equipo disponible o del uso final del material. Sin importar la forma seleccionada, una técnica apropiada de la medida debe ser desarrollada y la muestra debe representar el color de la teñida en su totalidad. La contribución del operador del equipo y el procedimiento de la medida no puede ser pasado por alto.

- **Tela**

El tejido plano y de punto proporcionan las muestras con las medidas más repetibles debido a su construcción uniforme. Una técnica típica de la medida para las muestras grandes implica cuatro medidas usando cuatro capas de material y del puerto más grande para la opinión del espectrofotómetro. Las pruebas pueden demostrar que únicamente dos lecturas son suficientes con pocas capas, pero se debe tener presente que la desviación de la medida de la muestra debe ser menos de 0.15 DE (CMC). Es importante recordar que simplemente hay que rotar la muestra sin la mudanza de ella a una nueva área para obtener el más exacto valor del color. Muestras más pequeñas pueden permitir solamente la medida de una o dos capas con el tamaño portuario más pequeño del instrumento y requerirán típicamente más lecturas para garantizar la capacidad de repetición.

Las telas que son abultadas o tienen una pila, tal como piel, terciopelo, alfombra, etc., se deben medir detrás de una placa de cristal para evitar que el material se introduzca en el área de la medida del espectrofotómetro. Es importante que el instrumento esté configurado para leer dentro del modo excluido especular con el fin de quitar la reflexión brillante debido al cristal.

- **Fibra floja**

La fibra floja es especialmente difícil de medir, ya que la capacidad de repetición es muy baja. Una masa de la fibra puesta en el puerto de un espectrofotómetro tiende a resaltar en la esfera más o menos de la misma manera como si fuesen demasiadas capas de un material escarpado. No sólo esto introduce error en la medida de la reflexión, sino que también el riesgo que las fibras flojas caigan dentro del instrumento y que interfieran con el proceso de la medida. Las medidas hechas usando una placa de cristal según lo mencionado previamente también mejorarán la capacidad de repetición de la medida.

Colocando la muestra de nuevo para el múltiplo de lecturas solamente con el brazo sostenedor del instrumento puede proporcionar las medidas que son suficientemente repetibles. Una técnica mejor es poner una masa exacta de la fibra en una célula de la compresión y aplicar una cantidad constante de presión. Esto eliminará los errores debido a los boquetes entre las fibras que existen debido a las condiciones de una presión mínima.

- **Hilo**

El método más común para medir el hilo es con una madeja pequeña y colocarla simplemente contra un puerto pequeño de medida y rotar la muestra para dos o tres medidas. La capacidad de repetición de este método particular de medida es cuestionable y se debe confirmar según lo anteriormente mencionado. Los hilos individuales en la madeja se deben alinear para prevenir la formación de sombras que el instrumento detectaría como profundidad de la cortina. La madeja debe también ser bastante densa para evitar que la luz pase a través de los filamentos y refleje el fondo, que es típicamente el sostenedor de la muestra y siempre de color blanco.

Los hilos que son muy abultados se deben medir detrás de una placa de cristal para evitar que el hilado se traslade al área de la medida del espectrofotómetro. Utilizar el modo excluido especular del instrumento para quitar la reflexión brillante de la superficie de cristal. Las mercancías flojas de la pila tales como alfombra y toallas se pueden medir de la misma forma para evitar que los hilos resalten en el instrumento y también para evitar que las fibras caigan en los instrumentos de la esfera.

Otras técnicas útiles para la medida del hilo incluyen enrollar el mismo alrededor de una tarjeta o de una lengüeta y usar los dispositivos especialmente diseñados con los resortes que afianzan el hilo una con abrazadera con seguridad a una placa. La tensión del hilo es una preocupación en cualquier caso y debe ser controlada de muestra a muestra y así prevenir errores de medida.

- **Evaluación de la capacidad de repetición en la medida**

La tabla III muestra la información con respecto a la variabilidad típica de la medida que se puede esperar al tomar lecturas múltiples usando los dos tamaños comunes de las aberturas del instrumento. Para cada tipo de la tela, un estándar fue medido usando una abertura de 20mm (MAV) señalado para la opinión media del área y una abertura de 9mm (SAV) para la opinión de área pequeña. La misma muestra después fue remeida usando cuatro, tres, y dos lecturas y comparada al estándar para producir los valores del DE (CMC) enumerados. Todas las muestras excepto la pana fueron medidas usando dos capas y la rotación de 90° entre las medidas. La columna etiquetada 2V representa las diferencias del color obtenidas al medir el estándar y las muestras dos veces, con la vertical colocando de nuevo solamente. Las muestras de la pana fueron medidas usando solamente una capa. Los valores del DE (CMC) representan la máxima diferencia observada del color con varias medidas de repetición de varios materiales, aunque valores más bajos también fueron observados. Las columnas que

exhiben un (-) indican que no se realizó ninguna prueba pues los resultados para el número más alto de medidas eran ya inaceptables.

Tabla III. Variabilidad en lecturas según el material

	MAV: 20m m					SAV: 9m m			
Tipo de la tela (Rotación doble de la capa with90°)	4	3	2	2V		4	3	2	2V
Tela cruzada tejida, lona, Crepe, popelina	0.03	0.10	0.10	0.10		0.15	0.12	0.11	0.23
Satín, tafetán	0.07	0.07	0.09	0.19		0.11	0.12	0.20	0.29
Seersucker, Wafflecloth, Ribstop	0.09	0.10	0.13	0.11		0.17	0.10	0.18	0.20
Terry cepillado, Napped (no-paño grueso y suave)	0.04	0.07	0.07	0.13		0.14	0.17	0.23	0.31
Pana	0.13	0.31	0.64	0.16		0.55	-	-	0.66
Hacer punto el dispositivo de seguridad, piqué, Jersey	0.12	0.11	0.16	0.21		0.14	0.13	0.20	0.27
Costilla termal, estrecha	0.05	0.12	0.13	0.14		0.07	0.18	0.24	0.25
Pointelle	0.17	0.20	0.23	0.10		0.60	-	-	0.59
Las palomitas hacen punto, plisado	0.03	0.07	0.07	0.24		0.04	0.27	0.20	0.44
Lado (cepillado/napped) del paño grueso y suave	0.11	0.12	0.19	0.11		0.15	0.40	0.46	0.45
Chenille, Panne	0.08	0.11	0.12	0.16		0.56	-	-	1.05
Acoplamiento	0.03	0.07	0.12	0.09		0.14	0.21	0.35	0.27
De par en par/varió la costilla	0.20	0.30	0.51	0.11		0.30	0.68	-	0.53

El uso de una abertura más grande tal como la opinión 30mm producirá valores más bajos del DE (CMC) ya que el área de la medida se aumenta perceptiblemente. Los tamaños grandes de la abertura pueden ser utilizados

solamente al medir muestras grandes que cubran totalmente la abertura de la placa al usar dos o más capas, aunque solamente una capa puede proporcionar resultados aceptables para materiales opacos.

Los materiales enumerados en la tabla siguiente representan esos tipos de la tela abultada y de pila que resaltan normalmente en el instrumento durante la medida. Para estos materiales, la medida detrás del cristal permite una medida con mayor capacidad de repetición. La variación de la medida sin la abertura de cristal aumenta perceptiblemente con los cambios en la cantidad de presión aplicada a la muestra en el brazo del instrumento. Los datos en la tabla IV.

Tabla IV. Variabilidad de la medida según la presión aplicada

Tipo de la tela (Rotación de la capa a 90°)	Prueba: 30mm con cristal			Prueba: 30mm Ningún cristal			
	4	3	2	4	3	2	
Terciopelo	0.15	0.34	0.52	Ninguna presión	0.21	0.52	-
				C/PRESIÓN	0.13	0.46	0.63
Piel	0.13	0.16	0.20	Ninguna presión	0.25	0.58	-
				C/PRESIÓN	0.59	0.74	-
Berber	0.05	0.04	0.06	Ninguna presión	0.10	0.14	0.15
				C/PRESIÓN	0.30	0.35	0.39
Paño grueso y suave (abultado)	0.09	0.17	0.16	Ninguna presión	0.08	0.90	0.99
				C/PRESIÓN	0.21	0.71	0.92

En conclusión, si se espera obtener éxito a través de los de sistemas de los espectrofotómetros, de la formulación y del control de calidad de la computadora, las técnicas repetibles para medir muestras teñidas deben ser establecidas. La falta de establecer una técnica repetible de la medida introducirá un potencial significativo para el error en todos los aspectos de los programas de la formulación y del control de calidad.

Una técnica repetible de la medida incluye la especificación del número de capas de material para utilizar, la colocación de muestras, el número de las medidas a tomar, equipar ajustes y la comunicación clara con los operadores del equipo. La falta de probar y de confirmar completamente la calidad de una técnica de la medida será una fuente de error para la vida del programa. Mientras que las tablas arriba se pueden utilizar como guía para el número de las medidas requeridas en la mayoría de los materiales para obtener resultados repetibles, se recomienda que los usuarios del sistema evalúen sus propios materiales para confirmar finalmente el método establecido de la medida.

4.2.1.1 Lectura y almacenamiento de estándar

El procedimiento de almacenamiento del estándar de color es muy sencillo pero debe efectuarse cuidadosamente ya que toda la producción será analizada en sus diferencias de color contra este.

El procedimiento de ingreso dependerá del programa que se utilice para trabajar el espectrofotómetro, es por ello que se indican solamente los pasos elementales y las características del almacenamiento del mismo. Los pasos deben repetirse totalmente cada vez que se ingrese un estándar de color y son los siguientes:

- a. Calibrar cuidadosamente el espectrofotómetro.
- b. Ingresar a la opción o botón de almacenamiento de nuevo estándar.
- c. Ingresar el nombre deseado e identificar en él claramente el nombre completo del color, cliente y tejido.
- d. Realizar cuatro lecturas y rotar el tejido en varias direcciones.
- e. Hacer click en aceptar y guardar.

- f. Como comprobación, ingresar como un lote el mismo estándar, igualmente con cuatro lecturas. Si el punto queda en el centro de la gráfica (0,0), entonces el estándar ha sido ingresado exitosamente.

4.2.1.2 Lectura y almacenamiento de lotes

El procedimiento de lectura de lotes es básicamente el mismo que para el almacenamiento de estándar. La diferencia es que el estándar es único y los lotes son muchos para un mismo color. Además dentro de un mismo lote podremos efectuar un control de la calidad del color a lo largo y ancho del mismo y eso dará una infinidad de sublotes, que son realmente los rollos empacados. Este punto se desarrollará más adelante. Los pasos para el ingreso de lotes y rollos, son los siguientes:

- a. Ingresar a la opción o botón de almacenamiento de nuevo lote o batch.
- b. Ingresar el nombre deseado e identificar claramente el número de lote y rollo.
- c. Realizar al igual que para el estándar, cuatro lecturas y rotar el tejido en varias direcciones.
- d. Hacer click en aceptar y guardar.

4.2.1.3 Interpretación de valores

Para interpretar el valor DE de CMC de las lecturas de colores se deben analizar y entender los valores de los siguientes parámetros:

- DL o cambio del valor del color,
- DC o cambio en el croma,
- DH o cambio del matiz.

Ya que el valor de DE de CMC es un factor que depende de los anteriores, será importante definir tolerancias de aceptación o rechazo y como consecuencia del resultado de las lecturas, el técnico de análisis de color deberá definir el procedimiento a seguir; esto en el caso de que el color no sea aprobado por el espectrofotómetro o el cuadrante de matiz no sea el deseado.

Regularmente cuando el color en evaluación no presenta el matiz deseado o simplemente no pasa contra el estándar aprobado por el cliente, se procederá a matizar el lote y para ello será necesario ajustar la receta de tintura, para lo cual los valores de DA, DB y DL serán fundamentales, ya que estos nos indican en porcentaje el grado de cuán azulado, rojizo, amarillento, verdoso y cuan bajo o intenso esta el color. Este punto se define con mayor amplitud más adelante.

4.2.1.3.1 Tolerancias

- **Muestra aprobada de laboratorio o Lab Dip**

La recomendación de tolerancia máxima en delta E (DE) de CMC y delta H (DH) (matiz) de CMC, para que la muestra de laboratorio sea aprobada por el cliente se indica en la tabla V. La lectura del espectrofotómetro deberá ser apoyada por el criterio del análisis visual, siempre comparando contra el estándar físico proporcionado por el cliente.

Tabla V. Tolerancias CMC

Iluminante	DE CMC, debe ser menor o igual a:	DL CMC, debe ser menor o igual a:	DC CMC, debe ser menor o igual a:	DH CMC, debe ser menor o igual a:
D65 (luz de día)	0.7	0.4	0.4	0.4
CWF (fluorescente)	1.0	0.50	0.5	0.4
A (artificial)	1.0	0.40	0.5	0.4

- **Producción**

Las tolerancias máximas recomendadas para los lotes de producción teñidos en planta comparados contra la muestra igualada en el laboratorio aprobada por el cliente se describen en la tabla VI.

Tabla VI. Tolerancia para lotes de planta

Resultado	Tolerancia
Aprobada o Pasa	<p>Iluminante Primaria D65</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ DL: Menor o igual a +/- 0.97 ▪ DC & DH: Menor o igual a +/- 0.50 ▪ DE CMC: Menor o igual a 0.89 ▪ <p><u>El índice máximo de metamerismo con el resto de iluminantes como CWF & A es:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ DE CMC: Menor o igual a 1.20
Rechazado o Falla	DE CMC bajo la iluminante D65: Mayor o igual a 1.00
Requiere análisis Visual	<p><u>Iluminante Primaria D65</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Cuando excede las tolerancias de DH, DL ó DC y DE CMC entre 0.90 y 1.00 <p><u>Iluminantes secundaria CWF y terciaria A:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Menor a DEcmc 1.20

4.2.1.3.2 Sistema Pasa / Falla

Este sistema de análisis como su nombre lo indica, permite obtener un resultado de medición concreto y eficiente de una muestra al concluir de una forma clara y entendible si la muestra pasa o falla contra el estándar y a la vez indica los puntos críticos de la conclusión, sea esta, pasa o falla, es decir, nos muestra si el lote está más o menos verdoso, rojizo, azulado, claro o intenso comparado contra el estándar del color.

4.2 Procedimiento de análisis y control del color en el proceso productivo.

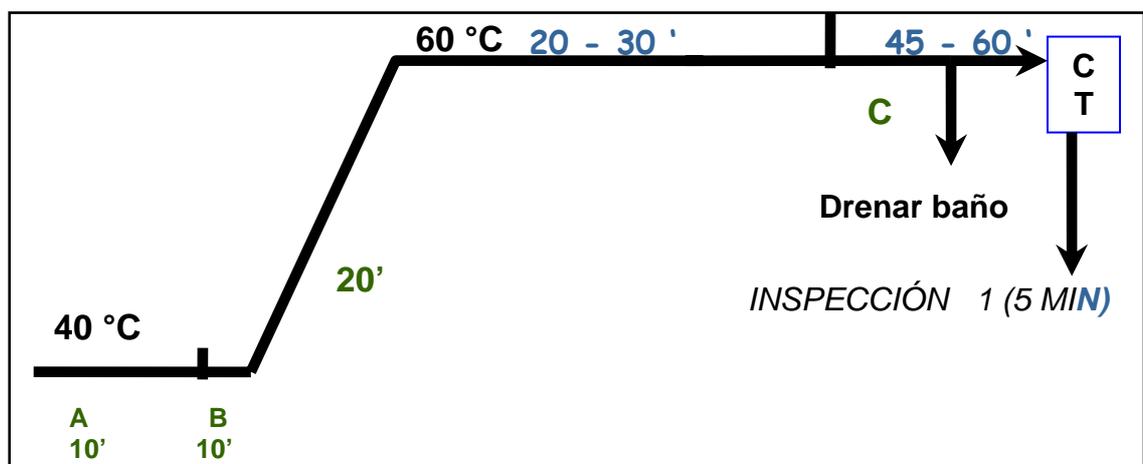
El análisis y control del color durante el proceso de tintura será determinante para lograr una mayor eficiencia en la planta ya que permitirá detectar diferencias de tonalidad en relación al estándar de color y evitará que la tela pase a procesos posteriores con una tonalidad incorrecta y que finalmente sea rechazada por el inspector de control de calidad final.

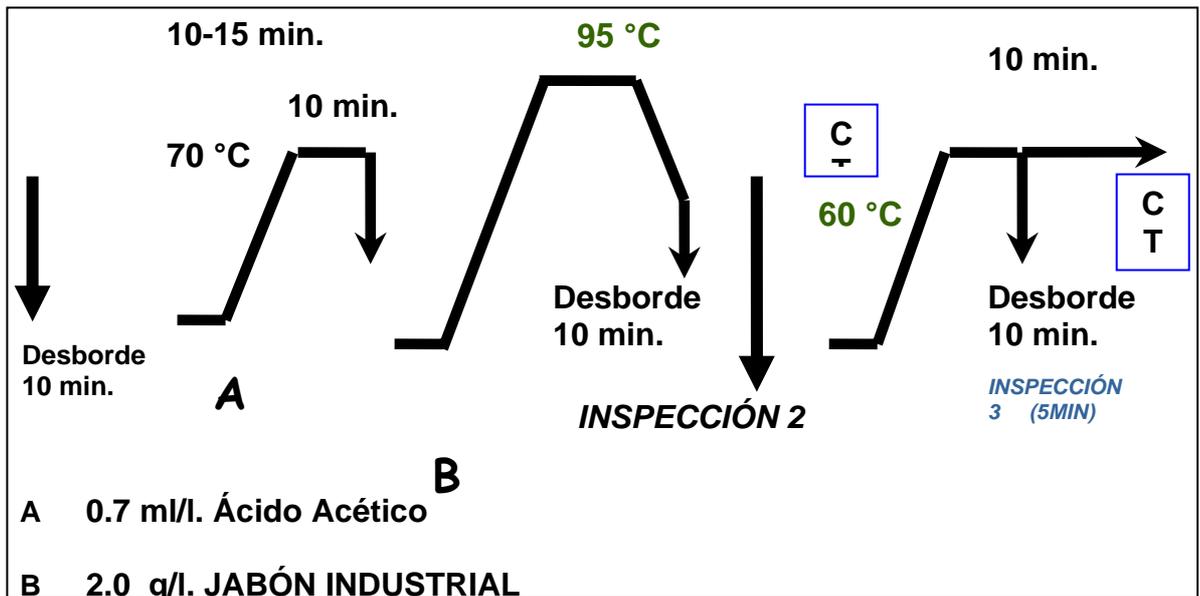
Deben implementarse puntos de inspección del color durante el proceso de tintura en los puntos críticos del mismo, por lo que es necesario modificar el proceso y estandarizarlo como lo muestro en el siguiente punto.

4.2.1 Nuevo proceso de tintura

Las siguientes gráficas ilustran el proceso de tintura de algodón 100% por agotamiento con la implementación de las inspecciones de color.

Figura 19. Nuevo proceso de tintura





Se ha introducido al proceso tres inspecciones de color, las cuales deberán hacerse utilizando el espectrofotómetro y deberán ser efectuadas por un analista de color calificado, ya que dependiendo de los valores que muestre el equipo y de la posición del lote en el diagrama de sectores de color, podría tenerse necesidad de matizar el lote. Es precisamente en este punto donde se tiene una ventaja significativa frente al proceso actual ya que la tela la estará aún en máquina, no importando que sea la inspección 1, 2 ó 3.

En el proceso actual se efectúa una inspección de color visual del color al final del proceso, pero este presenta las siguientes desventajas:

- El proceso de jabonado donde se lava el colorante no fijado ya ha sido efectuado.
- El lote ha sido secado y el peso y dimensiones han sido fijados.
- El lote ha sido suavizado y para matizarlo se tendrá que desmontar el suavizante y en algunos casos dependiendo del mismo es imposible.

- Hay incremento en los costos por el desperdicio de tiempo de máquina, temperatura, químicos, energía eléctrica, mano de obra, etc.

4.2.1.1 Análisis de color en puntos críticos del proceso

Como lo ilustran las gráficas anteriores, se ha implementado o añadido al proceso actual de tintura, tres inspecciones de color y se ha eliminado como parte del proceso la inspección visual.

Es importante efectuar el análisis del color en los puntos indicados debido a que son determinantes en el mismo y será importante que antes de pasar a los pasos siguientes del proceso, estar seguros que la tonalidad es la correcta y que está en el mismo cuadrante de color que los lotes anteriormente teñidos.

A continuación se detallan las inspecciones implementadas:

▪ Inspección 1

Se recomienda la implementación de una inspección inmediatamente después de finalizado el tiempo de agotamiento de los colorantes y antes del neutralizado del baño con el álcali. Esto nos permitirá determinar que la tonalidad es la correcta, esto previo al jabonado. Es importante aclarar que en este punto del proceso el color debe estar al menos un 10% más intenso u oscuro de lo deseado, ya que en el jabonado el color bajará de intensidad.

▪ Inspección 2

En este punto del proceso se ha degradado el color al menos en un 10%, como se indicó en el punto anterior. Esto es con el fin de evitar problemas de mala solidez al lavado por colorante no fijado a la fibra.

- Rojo Synozol K-EF 0.567%
- Azul Synozol K-EF 0.915%

Como el lote en inspección se encuentra en el lado amarillento y como se indicó, se desea que los lotes de planta se encuentren del lado rojizo, para ello se necesita entonces matizar el lote y ajustar la receta. No es necesario agregar de nuevo todos los colorantes sino solamente el colorante que proporcione el tono deseado.

En este caso se requiere un 10% más de rojo (Rojo Synozol K-EF 0.0567%), con ello no solo se logra que el color camine hacia el cuadrante rojizo sino bajarlo hacia el centro de la gráfica ya que el colorante rojo que estamos utilizando es azuloso.

Por lo tanto la nueva fórmula de tintura para la planta será modificada y para los nuevos lotes será la siguiente:

- Amarillo Synozol K-EF 6.525%
- Rojo Synozol K-EF 0.6237%
- Azul Synozol K-EF 0.915%

Las adiciones de matizado se hacen, por lo general, directamente al baño de tintura. El muestreo puede realizarse cuando hayan transcurrido aproximadamente 30 minutos. Cuando se trabaja en condiciones difíciles, debe darse especial cuidado al matizado. En caso de que sea imposible evitar una adición de reabastecimiento de colorante, se deberá escurrir un tercio del baño y luego llenarse con agua fría.

Se añade el colorante y se calienta una vez más el baño a la temperatura de teñido después de 10 a 15 minutos. El residuo de sal y álcali

en el baño normalmente es suficiente para fijar el colorante añadido. No obstante, junto con cada nueva adición de matizado, debe hacerse una adición extra de un cuarto de la cantidad original de los productos químicos auxiliares.

4.4 Procedimiento de análisis del color como herramienta de control de calidad.

Este punto es determinante en la implementación del sistema de análisis y evaluación del color, porque lo que pretende este trabajo es ser una herramienta útil y práctica de análisis y por lo tanto una alternativa aplicable para un control de la calidad eficiente y bien documentado.

El procedimiento de análisis de color por lote a implementar es el siguiente:

- **Análisis de color durante el proceso de tintura**

Como se explicó anteriormente en este capítulo, el análisis de color durante el proceso de tintura, consiste en analizar el mismo en los puntos críticos del proceso de tintura y controlar y conocer de esta forma el comportamiento del color desde el inicio.

- **Análisis de color al final del proceso productivo**

Análisis de color efectuado en el lote después de los acabados finales en la tela como el suavizado que es el más común. Se efectúa como parte de un control interno y si el lote es aprobado en estas inspecciones primarias, será imposible encontrarse con un rechazo por tonalidad en los pasos siguientes del proceso productivo.

- **Análisis del color previo a iniciar el empaque por rollos**

Esta inspección de color en este punto del proceso en el cual el lote no ha sido sometido a ninguna operación que pueda cambiar su tonalidad, es solamente un control de respaldo para el departamento de empaque, ya que a partir de iniciar a empacar el lote será dividido en rollos pequeños, es decir, será cortado en muchas piezas, lo que dificulta en gran manera el reprocesar e implica un desperdicio alto debido a los cortes y a uniones futuras si fuera necesario.

Será necesario que el departamento de empaque cuente con una autorización por parte de los auditores o analistas de color para poder proceder al empacar y que el lote forme parte de la bodega de producto terminado.

- **Análisis a lo largo y ancho de la tela por rollo**

En este punto se inicia una nueva modalidad de inspección, ya que no solamente se analiza el color en sí, sino también la uniformidad del mismo a lo largo del lote (punta-cola) y a lo ancho del lote (orilla-orilla).

Se tomarán lecturas de orilla contra centro, orilla contra orilla y centro contra estándar. Esto evitará prendas con cambios de color de pierna a pierna en el caso de pantalones por ejemplo y permitirá depurar partes en las cuales se han dado cambios de tonalidad por mala igualación de color o por paros en las secadoras o compactadoras.

4.4.1 Clasificación por sub-lotes

Para esto es necesario cortar una muestra de cada rollo empacado, no importando la cantidad de yardas del mismo. La clasificación de sub lotes consiste en lograr agrupar en grupos los rollos con la misma tonalidad para ser cortados y confeccionados juntos y no mezclarlos con rollos que

presenten alguna variación en la tonalidad o intensidad del color por pequeña que sea; de esta forma logramos controlar la tonalidad a lo largo del lote ya que podremos observar la muestra de cada rollo y ver como el color mantiene el mismo matiz e intensidad. En la figura 20 se ilustra esto de mejor forma:

Figura 20. Clasificación por sublotes

Clasificación 555 CMC					
Tolerancias de cuadros					
Nombre de estándar	-1.00	-1.00	-1.00		
ROJO INTENSO 15	1.00	1.00	1.00		
D65 10 Deg					9 Cuadros
Nombre de lote	DL*/SL	DC*/SC	DH*/SH	DE CMC	Cód.de clasif. 555
OP 26594/1	-0.10	0.02	0.02	0.10	555
OP 26595/1	-0.09	0.13	0.12	0.20	555
OP 26596/1	-0.08	0.13	0.12	0.20	555
OP 26596/2	-0.07	0.15	0.19	0.26	555
OP 26597/1	-0.04	0.05	0.04	0.08	555
OP 26597/2	-0.06	0.12	0.10	0.17	555
OP 26598/1	-0.03	0.11	0.10	0.16	555
OP 26599/1	-0.05	0.03	0.00	0.06	555
OP 26600/1	-0.03	0.05	-0.01	0.06	555
OP 26601/1	-0.09	0.04	0.07	0.12	555
OP 26602/1	-0.12	0.03	0.00	0.13	555
OP 26603/1	-0.01	0.10	0.00	0.10	555
OP 26604/1	0.03	0.11	-0.07	0.13	555
OP 26605/1	-0.04	0.11	0.03	0.12	555

4.4.2 Control de tonalidad en varios puntos dentro del mismo lote

Como se indicó en el punto anterior contando con una muestra de cada rollo empacado podremos controlar y analizar los siguientes aspectos:

- Analizar la tonalidad al principio y al final de cada rollo, es decir, con la muestra del rollo 1 controlamos el principio de dicho rollo y

con la muestra del rollo 2 controlamos no solo el principio del rollo 2 sino también el final del rollo 1.

- Analizar el comportamiento del color a lo ancho del lote, analizando las orillas y centros en cada rollo, lo que significa un análisis horizontal del lote en todo el largo del mismo.

De esta forma se podrá efectuar un análisis completo y práctico del color en todos los lotes y contar un respaldo confiable y documentado de la calidad ante los clientes.

Toda esta información deberá archiversse tanto física como digitalmente al menos por 12 meses por los auditores de calidad, con el objeto de contar un respaldo y un historial de trabajo.

4.5 Procedimiento experimental

Se ha llegado a la aplicación práctica de lo anteriormente expuesto, es decir, la posibilidad de analizar gráficamente el comportamiento del color y la aplicación del espectrofotómetro en varias situaciones cotidianas en una tintorería textil.

4.5.1 Análisis de color A

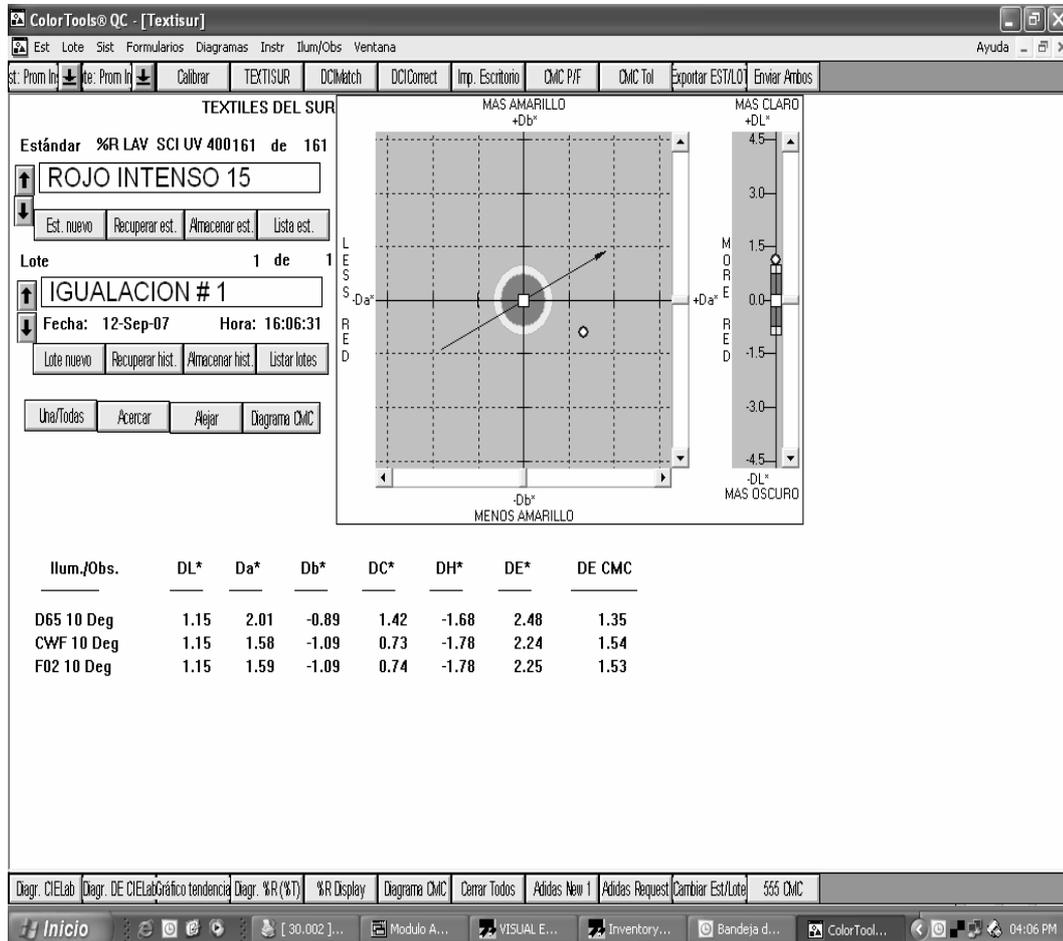
El primer caso de aplicación es la formulación de un color nuevo en el laboratorio a partir de un estándar de color proporcionado por el cliente. La tabla VII proporciona los datos y toda la información necesaria para el trabajo de formulación.

Tabla VII. Especificaciones lote A

LABORATORIO DE TINTORERÍA	
FECHA: Septiembre 05, 2007.	FIBRA: 100% Algodón.
CLIENTE: Confecciones La Elegante.	TEJIDO: Jersey 150 gramos.
SOLICITUD No.: 09.1892.07	COLOR: Rojo Intenso 15.
TOLERANCIA: 0.80 Máximo CMC	PROCESO: Agotamiento
FÓRMULA INICIAL	
Amarillo Synozol K-EF	1.05%
Marino Synozol K-EF	0.17%
Rojo Synozol K-EF	2.12%

El proceso de igualación se inicia a partir de la fórmula inicial proporcionada por el software del espectrofotómetro utilizando las curvas de los colorantes previamente ingresados. Como el interés radica en el análisis gráfico y numérico de los parámetros de color proporcionados por el espectrofotómetro no se hace énfasis en la obtención de la receta.

Figura 21. Análisis de color 1 lote A



▪ **Análisis de resultados igualación 1:**

Como se puede observar la muestra de igualación 1 está ubicada afuera círculo que representa la máxima tolerancia de diferencia permitida, por lo que se determina que el color no pasa contra el estándar de color.

El valor de delta a (Da) que mide el grado de cuán rojiza está la muestra refleja un valor de 2.01, es decir, que el color está 20.10% más rojo que el estándar.

El valor de delta b (Db) que mide el grado de cuán amarillenta está la muestra, refleja un valor de -0.89, es decir, que el color está -8.90% menos amarillo.

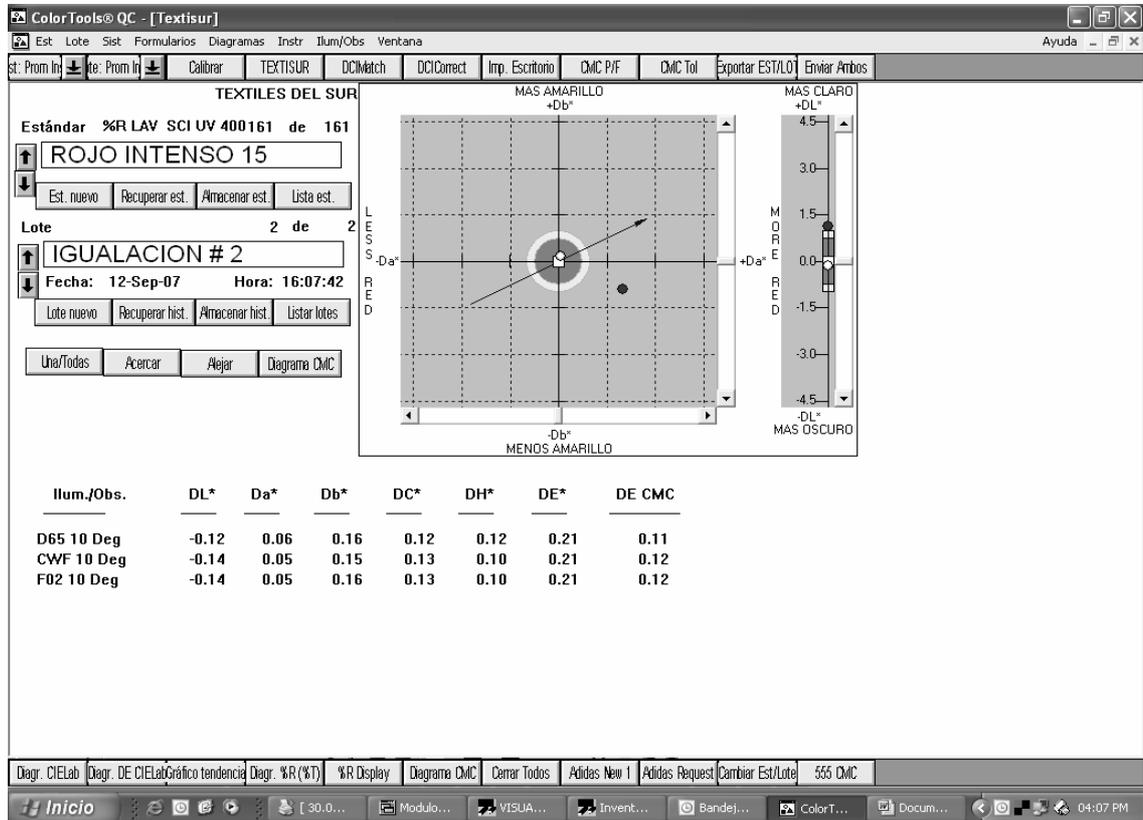
El último valor que representa interés significativo para el análisis es el de delta L (DL), que mide cuán baja o alta está la muestra en intensidad, refleja un valor de 1.15, es decir, que el valor o intensidad está 11.50% más baja que el estándar inicial. Esto es muy importante en la decisión a tomar para poder igualar el color, ya que da la oportunidad de agregar más colorante a la fórmula; si el color estuviera más intenso que el estándar se tendría que reducir la cantidad de colorante en la fórmula completa antes de matizarla.

Después de analizar los valores de la figura 21 se puede tomar una decisión de matiz sobre la fórmula inicial, por lo tanto la nueva fórmula de tintura se observa en la tabla VIII y el resultado se visualiza en la figura 22.

Tabla VIII. Fórmula de matiz lote A

FÓRMULA DE MATIZ 1		
COLORANTES	CAMBIOS	CONCENTRACIÓN
Amarillo Synozol K-EF	Se aumentó en 9%	1.1445%
Marino Synozol K-EF	Se aumentó en 10%	0.1870%
Rojo Synozol K-EF	Se disminuyó en 20%	1.7770%

Figura 22. Análisis de color 2 Lote A



▪ **Análisis de resultados igualación 2:**

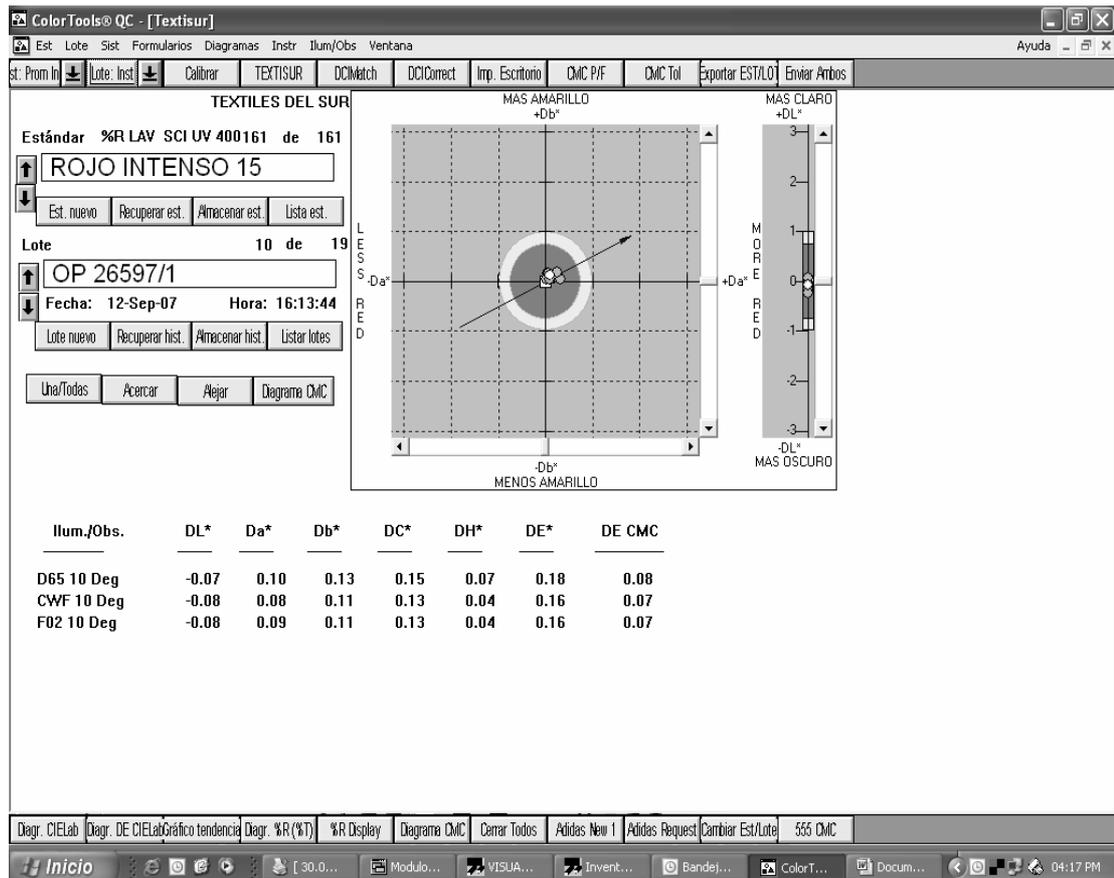
Como se observa en la figura 22 el color caminó hacia el centro con el ajuste a la receta, ahora muestra un delta E en CMC (DE CMC) de 0.11, lo que significa que existe una diferencia medible de 1.10%, pero una diferencia muy difícil de observar por el ojo humano, por lo que se determina que el color está igualado con el estándar inicial.

4.5.2 Análisis de color B

Después de la igualación del color se ha recibido un pedido de 150,000 yardas de jersey 150 gramos 100% algodón, para lo cual han sido

teñidas 75,000 yardas en varios lotes de tintura. La figura 23 muestra el comportamiento de dichos lotes.

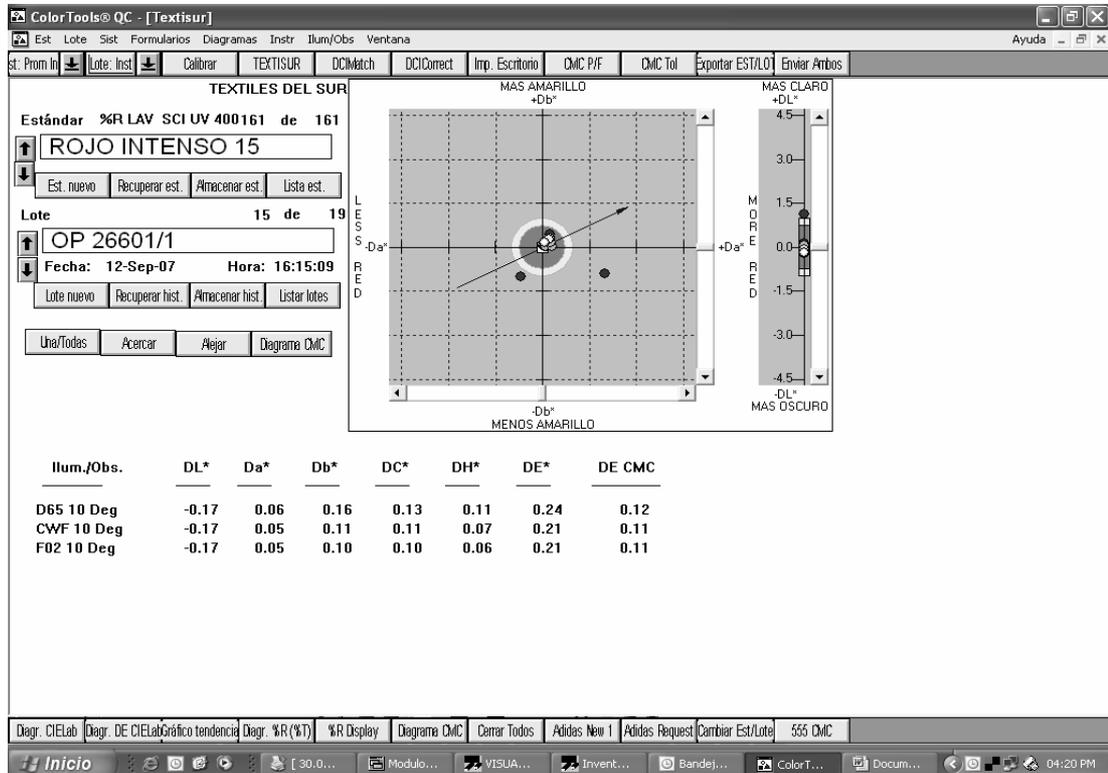
Figura 23. Análisis de color 1 Lote B



Como se observa en la figura 23 el comportamiento de los lotes en la tintura de este color ha sido muy constante y uniforme.

Los últimos dos lotes teñidos formados por 1,000 yardas cada uno, han mostrado un comportamiento diferente debido a que pertenecen a un lote de algodón diferente. El comportamiento de dichos lotes comparado con el resto de la producción lo muestra la figura 24 a continuación:

Figura 24. Análisis de color 2 Lote B



▪ **Análisis de resultados**

Como se indicó anteriormente ya han sido teñidas y despachadas al cliente 75,000 yardas de tela, lo que significa que ya han sido confeccionadas una gran cantidad de prendas, por lo que enviar 2,000 yardas con una tonalidad diferente causaría serios problemas al cliente, lo cual significaría finalmente una devolución de producto a la empresa productora.

Por lo tanto, el departamento de control de calidad debe tomar la decisión de separar los lotes y no despacharlos al cliente. Estos lotes pueden ser reprocesados o ser vendidos por separado a otro cliente.

4.5.3 Análisis de color C

Se ha teñido un lote de 3,000 yardas de jersey 180 gramos y se desea efectuar una evaluación de color a lo largo y ancho de la teñida.

Para ello es necesario realizar mediciones de las orillas o extremos de la tela contra el centro. En la figura 25 y figura 26 se observa el comportamiento de las orillas o extremos de la tela en inspección.

Figura 25. Análisis de color 1 Lote C

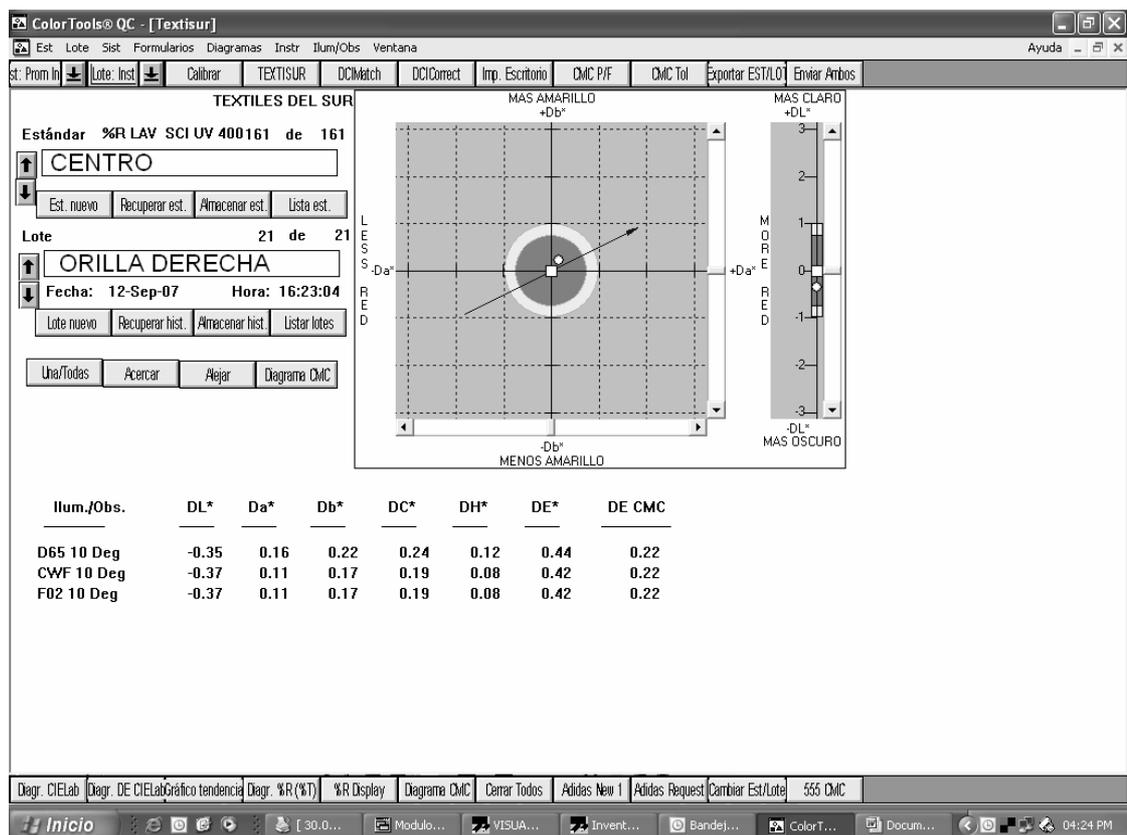
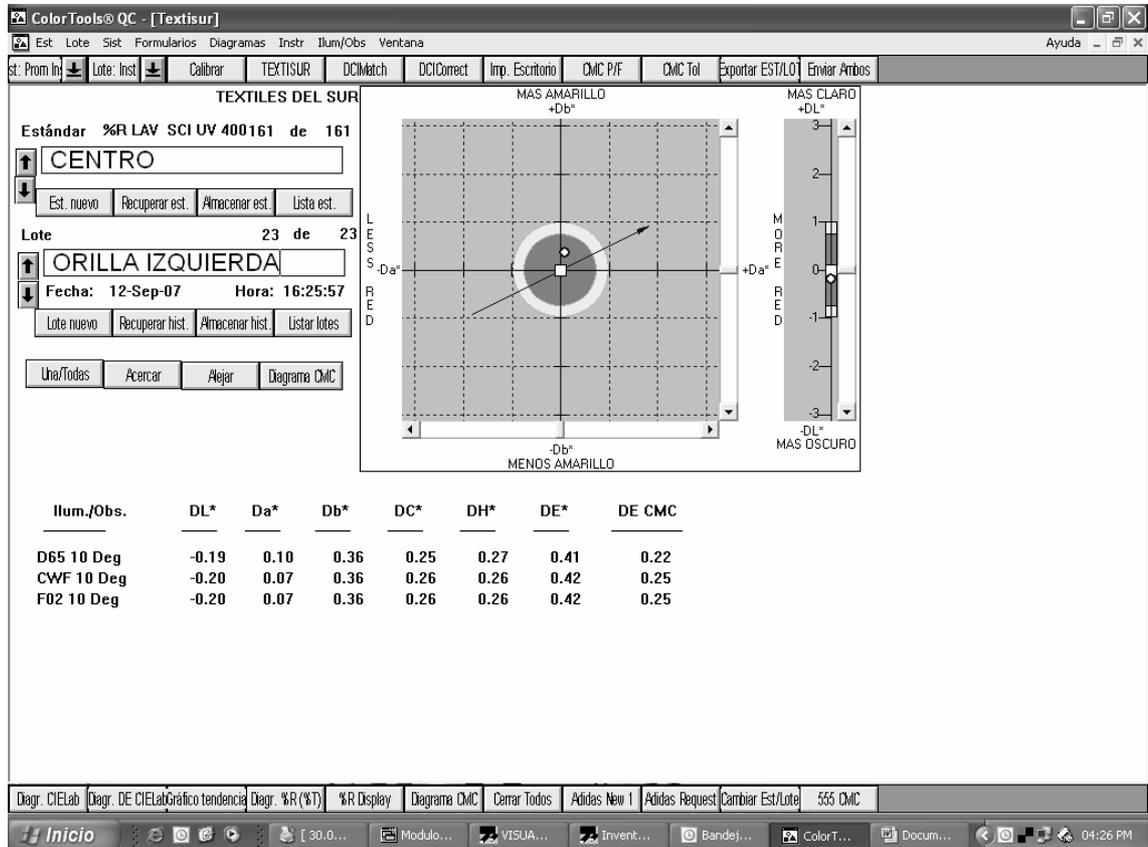


Figura 26. Análisis de color 2 Lote C



▪ Análisis de resultados

Los valores numéricos de los parámetros de color como delta a (Da), delta b (Db) y delta L (DL) de las orillas derecha e izquierda del rollo en evaluación, muestran similitud entre ellos con una diferencia de color contra el centro del rollo mínima, por lo que se determina que el resultado es satisfactorio y el rollo es apto para su despacho al cliente.

5. MEJORA CONTINUA

5.1 Implementación de un laboratorio de colorimetría

La implementación de un laboratorio de medición, análisis y evaluación del color es fundamental para cualquier empresa textil que busque la competitividad y el desarrollo dentro de un mercado cada día más competitivo.

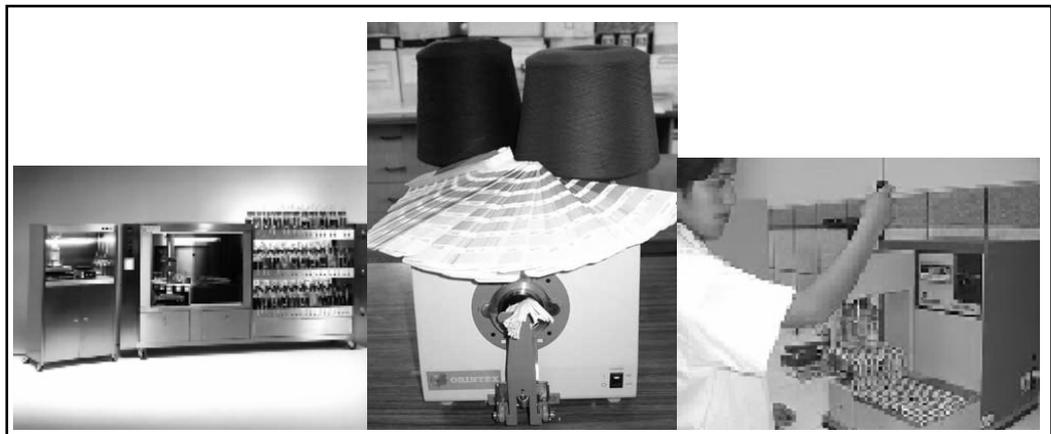
El personal del laboratorio de colorimetría textil debe ser altamente calificado al realizar el estudio del color mediante sus coordenadas cromáticas, utilizando para conseguir los mejores resultados maquinaria tecnológicamente avanzada, pudiendo ofrecer colores personalizados. Con la muestra facilitada por el cliente al laboratorio, se realizan contratipos precisos que se pueden reproducir en cantidades industriales o bien en pequeñas muestras para cartas de colores.

Un laboratorio de colorimetría deberá contar con los siguientes elementos para un eficiente desempeño:

- Espectrofotómetro
- Caja de luces
- Analista de colores
- Técnicos de laboratorio a nivel operativo
- Guía de colores pantone TC
- Cristalería como beackers, pipetas, etc.
- Material bibliográfico y material comercial

- Máquinas teñidoras
- Secadoras industriales tipo ramas
- Equipo de medición de propiedades de solidez al lavado, al frote, a la luz, al sudor y a la serigrafía.
- Instalaciones adecuadas en temperatura e iluminación.

Figura 27. Equipo de laboratorio



5.2 Auditoría de calidad interna y externa.

El Apartado 5.4 de la Norma ISO 9004 hace referencia a las Auditorías del Sistema de Calidad que corresponden a uno de los principios básicos de todo sistema de calidad, aunque en la Norma ISO 9003, no se contemple la realización de auditorías.

Las preguntas a formular sobre este tema, son:

- ¿Existe algún documento que establezca la realización de auditorías internas de calidad?

- ¿Se utilizan las auditorias para comprobar la eficacia del sistema de calidad?
- ¿Se elabora un plan específico para la realización de cada auditoría?
- ¿Está previsto que la dirección conozca los resultados y conclusiones de la auditoría?
- ¿Se establece algún documento después de cada auditoria en el que se definan las líneas de actuación para la eliminación de discrepancias y quien es el responsable?

Está claro que se hace referencia a auditorias internas, es decir, auditorias realizadas en el seno de la propia empresa como autodiagnóstico del sistema de calidad, y comprobación de la efectividad de dicho sistema para conseguir que el producto o servicio cumpla los requisitos exigibles, y no a las auditorias externas necesarias para la homologación o certificación del producto, servicio o sistema, realizadas por organismos competentes; ni tampoco a las auditorias que nuestros clientes puedan realizar para nuestra homologación como proveedores, o inspecciones periódicas a las que puedan someternos.

▪ **Tipos de auditorías**

Dentro de las auditorias internas, se distinguen dos tipos básicos: Auditorias del Sistema que corresponden a comprobaciones sobre el propio Sistema de Calidad, incidiéndose sobre el establecimiento e implantación del mismo. Auditorias del Producto que corresponden a la comprobación de que los productos o servicios se ajustan a los requerimientos exigidos, incidiéndose en la efectividad del sistema para conseguirlo. En ambos casos llevan siempre aparejado la corrección de deficiencias mediante el

establecimiento de acciones correctoras. A través de ellas se trata de obtener información objetiva sobre el funcionamiento del sistema y su efectividad para conseguir un producto de calidad. El auditor no es un enemigo al que se trata de hurtar la información sino un colaborador, y el auditado no es un inepto con el que haya que discutir, razones por las cuales, el personal auditor ha de ser diplomático y no, agresivo. No se debe auditar por auditar sino que hay que fijar objetivos, y éstos, deben ser conocidos tanto por el auditor como por el auditado.

▪ Auditorías del sistema

Las Auditorías del Sistema tratan no solo de poner de manifiesto la existencia de un correcto sistema de calidad documentado, sino también de que dicho sistema es conocido por toda la organización y no solo por la organización de calidad, y que además, se cumple. Hay pues dos aspectos fundamentales a auditar:

1. La existencia documental del sistema (Manual de Calidad y Manual de Procedimientos).
2. La implementación real de dicho sistema documental a todos los niveles desde el más alto (gerentes, directores), al más bajo (empleados y operarios).

Estos dos aspectos pueden dar lugar a diversas auditorías independientes en las que se contemplen distintas cuestiones o a una única auditoría que englobe a todas ellas.

Los aspectos o puntos críticos referentes al proceso o a la empresa u organización, sobre los cuales puede llevarse a cabo una auditoría de calidad son:

- Auditoría sobre políticas de calidad.
- Auditoría sobre la organización.
- Auditoría del sistema documental.
- Auditoría del proceso.
- Auditoría del producto.
- Auditoría de la evolución de calidad del producto.
- Auditoría de la valoración de calidad del producto.

Se hace énfasis en la auditoría de calidad referente al proceso y al producto, debido a que estas son las de mayor interés y aplicación a la industria textil guatemalteca.

- **Auditoría del proceso**

Tiene por objeto la valoración de la eficacia del sistema de calidad mediante la comprobación de que los procesos y desarrollo del trabajo en las distintas secciones o servicios, se ajusta a los procedimientos especificados, y en especial los conocimientos y mentalización, especialmente de los mandos responsables, son los correctos para la consecución de una calidad óptima. En general, la documentación necesaria para la puesta en práctica de esta auditoría aparte del manual de procedimientos, son las instrucciones de mantenimiento y conservación, valorándose tanto de la aptitud como la actitud del personal. Dentro de ella, los puntos y cuestiones a auditar, pueden ser los siguientes:

- Limpieza de cada área o sección.
- Orden e identificación del material en proceso o almacenado.
- Utilización adecuada de las instalaciones a su cargo.
- Utilización y cumplimentación adecuada de los documentos bajo su responsabilidad.
- Limpieza de maquinaria, útiles y herramientas a su cargo.

- Uso adecuado de maquinaria, instalaciones y documentación.
- Seguimiento estricto de las fases programadas.
- Uso adecuado de calibres, y demás elementos de medida a su cargo.
- Eficacia de la motivación, dirección e instrucción de su personal.
- Valoración del rendimiento.
- Otros.

▪ **Auditorías del producto**

Las auditorías del producto tienen como fin comprobar que los productos están en conformidad con la documentación técnica (planos, especificaciones, normas, disposiciones legales, etc.), por lo que aparte de la propia documentación técnica requerida, se necesitan los medios de medida y ensayo necesarios para comprobar los productos. En realidad se trata de asignar al producto una Nota de Calidad en concordancia con el grado de conformidad con las especificaciones. En la mayoría de los casos, a cada producto, en función de cada característica o propiedad especificada, se le asigna un número de puntos de control (P_c), atribuyendo a cada característica que no cumpla lo especificado, unos puntos de demérito (P_d), que se estiman en función de la importancia del defecto, de tal forma que efectuando el cociente entre ambos valores ($\alpha = P_d/P_c$), nos da un número inferior a la unidad pero de valor tanto mayor cuanto más puntos de demérito obtengamos. Si este número se lo restamos a la unidad ($1 - \alpha$), podemos utilizarlo multiplicándolo por diez ($10(1 - \alpha) = 10(1 - P_d/P_c)$), o como potencia de diez ($10^{(1 - \alpha)}$), etc., para obtener la nota de calidad. Los puntos de demérito que represente el incumplimiento de cada característica se valorarán fundamentalmente a través de su importancia (crítica, importante, menor. e irrelevante), así como de su diferencia con el valor exigido (más del 100 % del campo de tolerancia, entre el 50 y el 100 % del campo de tolerancia, etc.). Aunque puede parecer complicado, el sistema es muy simple, y realmente, utilizando un coeficiente (k) que multiplique a α , cuyo valor inicial sería 1, pueden establecerse los objetivos anuales de mejora de

la nota de calidad variando simplemente este valor a 1,1, a 1,15, a 1,2, etc. La extracción de muestras ha de ser totalmente aleatoria.

- **Etapas de las auditorías:**

Toda auditoria consta de las siguientes etapas:

- a. **Planificación**, entendiéndose por tal la elección del tipo de auditorias a realizar, la plasmación documental de los procedimientos de realización de las mismas, entendiéndose que en el caso de la realización de una auditoria del producto, es necesaria la programación de mediciones y ensayos a partir de los planos y normas de ensayo, la elección del personal auditor que puede ser único, o distinto en función del tipo de auditoria a realizar, y la fijación de su periodicidad (mensual, anual,...). En ocasiones es conveniente asignar una única persona para planificar y dirigir la realización de todas las auditorias, es decir, nombrar un líder que reúna unas características idóneas en cuanto a formación y carácter, para la realización de esta tarea.

- b. **Realización de auditorías según procedimiento y plan definidos.** Es conveniente que el personal que va a ser auditado conozca con antelación tal hecho, y lo mejor desde el punto de vista práctico es que la realización de auditorías sea sistemática, y el propio director o responsable del área a auditar transmita a sus subordinados afectados las fechas concretas en las que estas auditorias sistemáticas van a realizarse para que presten su mayor colaboración. Posiblemente si se sigue este sistema, al recibir los responsables esta comunicación, tratarán de inculcar en sus subordinados la necesidad de que todo esté "en perfecto estado de revista" como se decía antiguamente, lo que inicialmente podría alterar los resultados, pero si las auditorias son

- c. periódicas, esto dejará de producirse, y sin embargo el que el responsable comunique a sus subordinados las fechas de realización, así como la recomendación de que presten su máxima colaboración, confiere a las auditorias un papel destacado e importante dentro del sistema. Los documentos que recojan los resultados de las auditorias, es decir, respuestas, comprobaciones, resultados de medidas y ensayos, etc., han de estar consensuados entre auditor y auditado, de tal forma que recojan la conformidad de ambos, evitándose discusiones inútiles. Se trata de auditar la efectividad del sistema, tanto a través del propio sistema y su grado de cumplimentación, como a través de la calidad del producto obtenido, por lo que es necesario, para poder establecer las acciones correctoras, determinar el grado de cumplimentación del sistema, y su relación con la calidad del producto final. Si el fin del establecimiento de un sistema de calidad es obtener un producto de calidad es totalmente necesario comprobar su efectividad, sino se consigue este objetivo es necesario cambiar el sistema, y discutir o perseguir a las personas que lo aplican.
- d. **Evaluación de los resultados de la auditoría.** Toda auditoría ha de realizarse para obtener una nota final que sirva, aunque solo sea comparativamente, para medir la evolución, tanto de la implementación del sistema, como de la calidad del producto. Lo que se pretende es la obtención de una valoración totalmente objetiva por lo que el sistema de valoración ha de ser consensuado, y además, experimentado durante cierto tiempo, para poder fijar las señales de alerta, índices de ponderación, etc.
- e. **Redacción de informe y propuesta de medidas correctivas,** si se considera necesario, con expresión de su grado de urgencia. Una vez

valorada la auditoria y antes de la redacción del informe final y propuesta de las medidas correctoras, es conveniente la reunión con el director o responsable máximo afectado por la auditoria para que sea el primer informado y pueda incluso colaborar en la propuesta de medidas correctoras así como en la decisión sobre la urgencia de las mismas, pues es conveniente que tanto el informe de la auditoria como la propuesta de medidas correctoras, lo asuma como algo propio, entre otras cosas porque a veces, podrá ejercer más presión sobre la gerencia que el propio auditor, sobretodo si alguna de las medidas propuestas corresponden o requieren inversiones.

5.3 Certificación a normas ISO de la empresa

La familia de normas ISO 9000 es un conjunto de normas de calidad establecidas por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) que se pueden aplicar en cualquier tipo de organización, tales como, empresa de producción, empresa de servicios, administración pública, etc.

Su implementación en estas organizaciones, aunque supone un duro trabajo, ofrece una gran cantidad de ventajas para sus empresas. Los principales beneficios son:

- Reducción de rechazos e incidencias en la producción o prestación del servicio.
- Aumento de la productividad
- Mayor compromiso con los requisitos del cliente.
- Mejora continua.

La familia de normas apareció por primera vez en 1987 teniendo como base una norma estándar británica (BS), y se extendió principalmente a partir de su versión de 1994, estando actualmente en su versión 2000.

La principal norma de la familia es: ISO 9001:2000 - Sistemas de Gestión de la Calidad - Requisitos.

Y otra norma es vinculante a la anterior: ISO 9004:2000 - Sistemas de Gestión de la Calidad - Guía de mejoras del funcionamiento.

Las normas ISO 9000 de 1994 estaban principalmente pensadas para organizaciones que realizaban proceso productivo y, por tanto, su implantación en empresas de servicios era muy dura y por eso se sigue en la creencia de que es un sistema bastante burocrático.

Con la revisión de 2000 se ha conseguido una norma bastante menos burocrática para organizaciones de todo tipo, y además se puede aplicar sin problemas en empresas de servicios e incluso en la Administración Pública.

Para verificar que se cumple con los requisitos de la norma, existen unas entidades de certificación que dan sus propios certificados y permiten el sello. Estas entidades están vigiladas por organismos nacionales que les dan su acreditación.

Para la implementación, es muy conveniente que apoye a la organización una empresa de consultoría, que tenga buenas referencias, y el firme compromiso de la Dirección de que quiere implantar el Sistema, ya que es necesario dedicar tiempo del personal de la empresa para implantar el sistema de calidad.

Marco conceptual de las normas ISO 9000

El marco conceptual tiene una principal diferencia que es de la gestión del sistema de calidad en la versión 2000 comparada con la versión anterior del año 1994, es la introducción del concepto de «gestión por procesos interrelacionados». En vez de normar y asegurar la calidad bajo una conceptualización estática, como ocurría en la versión de 1994, en la nueva

versión se propone complementarla con una visión integral y dinámica de mejora continua, orientada a que el cliente se pueda sentir satisfecho.

En la versión 2000, se dice que el sistema de calidad debe demostrar que la organización es capaz de:

- Suministrar un producto o servicio que de manera consistente, cumpla con los requisitos de los clientes y las reglamentaciones correspondientes.
- Lograr la satisfacción del cliente mediante la aplicación efectiva del sistema, incluyendo la prevención de no conformidades y el proceso de mejora continua.

El modelo del sistema de calidad consiste en 4 principios que se dejan agrupar en cuatro subsistemas interactivos de gestión de calidad y que se deben normar en la organización:

- Responsabilidad de la dirección
- Gestión de los recursos
- Realización del producto o servicio
- Medición, análisis y mejora
- Facilitar la comunicación entre la organización y los clientes
- Incluir nuevos elementos como la información, comunicación, infraestructuras y protección del ambiente de trabajo.
- Adaptar la terminología, como por ejemplo, usar el término organización, en vez de suministrador.

▪ **Normas ISO 9001:2000**

La Organización Internacional de Normalización (International Standards Organization) es una organización que desarrolla diversos tipos de normas.

La norma 9001:2000 se refiere a una serie de criterios que definen un sistema de garantía de calidad. La norma especifica los requisitos para el sistema. Los criterios han sido determinados por un grupo internacional de profesionales del área de negocios y calidad.

Estos criterios son fundamentales para contar con óptimas prácticas comerciales, como por ejemplo:

- Establecer metas de calidad
- Garantizar que los requerimientos del cliente se entiendan y satisfagan
- Capacitar a los empleados
- Controlar los procesos de producción
- Recurrir a proveedores que puedan ofrecer un producto de calidad
- Corregir los problemas y garantizar que no vuelvan a ocurrir.

Una vez puesto en práctica el sistema de calidad, un Registrador hará una auditoria de la empresa. Si se cumplen todos los criterios, la empresa recibirá su registro de calidad ISO 9001.

Las empresas registradas pueden colocar el sello de Registro de Calidad en sus materiales de mercadeo. Así, podría ofrecerles a los clientes la certeza de que su empresa tiene definido un buen Sistema de Administración de Calidad.

Los beneficios del registro incluyen:

- Expansión en el mercado
- Reconocimiento externo
- Mejores operaciones
- Mayores ganancias
- Mejor comunicación

CONCLUSIONES

1. La metodología de análisis y evaluación de color por medio de la implementación del espectrofotómetro, es una herramienta acorde a las necesidades de la industria textil guatemalteca, la cual día a día necesita y debe encontrarse unida a la tecnología, para poder así estar a nivel de la industria textil mundial.
2. Como beneficio de la implementación de este sistema de análisis y evaluación de color, se beneficia no solamente a la empresa de producción textil que lo implemente, sino también a la industria de la confección; debido a que las materias primas que adquiere, son estrictamente evaluadas y segmentadas en lotes, según sea el matiz del color de la tela a confeccionar; reduciendo en forma significativa los porcentajes de prendas de segunda categoría y por ende, un aumento sensible en las utilidades.
3. La implementación de este método de evaluación, ofrece un beneficio sustancioso a los departamentos de tintorería de la industria textil guatemalteca, gracias a la ventaja de la automatización en la formulación de colores y el análisis del color en los puntos críticos del proceso de tintura y en general del proceso productivo.
4. A través de este material se provee un manual de utilización y manejo del espectrofotómetro, como herramienta principal y fundamental del método de análisis y evaluación del color.

5. Este documento es un manual de utilización y operación del espectrofotómetro, además de la descripción del método de evaluación y análisis de color.
6. A través de este sistema de análisis de color por medio del espectrofotómetro, puede implementarse un sistema de control de calidad no solamente durante el proceso de tintura, sino también en productos terminados; asegurando así que cada producto que sea entregado al cliente, cumpla con todos los requerimientos y especificaciones esperadas por el mismo.
7. La implementación de inspecciones de color durante los procesos de tintura y al final de los mismos, ofrece la ventaja de procesos estandarizados que eviten la variabilidad, los reprocesos y a su vez, aumente los índices de productividad y eficiencia de la planta de producción.

RECOMENDACIONES

1. Implementar un laboratorio de colorimetría equipado con al menos un espectrofotómetro.
2. Capacitar constantemente a los analistas de color y a los técnicos de tintorería.
3. Implementar un sistema de control de la calidad que analice el color durante y al final de los procesos productivos, utilizando como herramienta principal el espectrofotómetro.
4. Utilizar para la tintura, colorantes reactivos de alta energía y excelentes propiedades de igualación, solidez y reproducibilidad.
5. Crear un historial en el laboratorio con cada lote teñido y despachado a los clientes.

BIBLIOGRAFÍA

1. AATCC, Technical Manual. Tomo 2. USA, 1997. p. 18-40.
2. AUSTIN, George. Manual de procesos químicos en la industria. México: Editorial Mc Graw Hill, 1990.
3. BILLMEVER, Fred W. Principles of color technology. Data Color International, 2003.
4. Colorantes Synozol K-EF. (Corea: Kyung – in Synthetic Corporation, KISCO). Catálogo de promoción de colorantes reactivos, versión 2007.
5. Colour Index. The American Association of Textile, Chemists and Colorists.
6. DOBY, Meter. The Dyeing of Cellulosic Fibers with Reactive Dyes. USA: International Dyeing Symposium AATCC, 1977.
7. NIKE, Apparel Color Manual. USA, 2005, p. 8-33.
8. Teñido y Colorantes Synozol, Versión 2.0. Kyung – in Synthetic Corporation, KISCO.

