



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

UNIDAD ACADÉMICA PROFESIONAL TIANGUISTENCO

**CLASIFICACIÓN DE TELA POR TONALIDAD EN SU
PROCESO FINAL DE FABRICACIÓN
USANDO UN SISTEMA AUTÓNOMO
DE SELECCIÓN DE COLOR**

TESIS
PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL

QUE PRESENTA

MARIO HORNILLA FLORES

DIRECTORES: DR. CARLOS JUÁREZ TOLEDO
DRA. IRMA MARTÍNEZ CARRILLO

TIANGUISTENCO, MÉXICO. JUNIO 2016.



UAEM | Universidad Autónoma del Estado de México

UAP TIANGUISTENCO
Unidad Académica Profesional Tianguistenco

El comité revisor designado por la Subdirección Académica de la Unidad Académica Profesional Tianguistenco de la Universidad Autónoma del Estado de México, aprobó la tesis: **“Clasificación de tela por tonalidad en su proceso final de fabricación usando un sistema autónomo de selección de color”** y autorizo la impresión de la misma del C. **Mario Hornilla Flores** el día **6 de junio del 2016**.

ATENTAMENTE
PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO
“2016, Año del Aniversario de la Universidad Autónoma del Estado de México”

Revisor Dr. Amador Huitrón Contreras

Revisor Mtro. Luis Alberto Huertas Abascal

Asesor Dr. Carlos Juárez Toledo

Coasesora Dra. Irma Martínez Carrillo



M. en I. Gloria Ortega S. A. R. L.
Subdirectora Académica de la UAP Tianguistenco
Vo.Bo.



www.uaemex.mx

Paraje el tejocote S/N, San Pedro Tlaltizapan, Tianguistenco Edo. de México
Tel. y fax: (01 722) 481 08 00 | E-mail: uapsantiago@uaemex.mx

DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis de forma muy especial a mis padres, quienes gracias a su significativo esfuerzo hicieron posible la culminación de una meta más en mi vida, por el apoyo constante, por motivarme a ser mejor cada día, por los principios que siempre me han inculcado, por enseñarme a valorarlos y admirarlos con sus buenos actos, sin duda alguna este premio también es suyo.

A mis hermanos y familia que siempre me hacen sentir la calidez de mi hogar la cual valoro y quiero mucho.

Muchas gracias Dios por darme a la mejor familia.

AGRADECIMIENTOS

El cumplimiento de las metas en la vida representa la dedicación, la constancia y el compromiso que tenemos no solamente de nosotros mismos, sino de la gente que nos rodea, por este motivo quiero iniciar dando gracias a Dios por darme siempre las fuerzas para continuar en lo adverso, por guiarme en el camino correcto, por darme sabiduría en las situaciones difíciles y por la maravillosa dicha de permitirme una vez más culminar uno de los propósitos en mi vida.

Gracias al apoyo incondicional de mis padres, que día a día me han hecho sentir, por los consejos y la motivación que nunca me faltó. A mi familia y amigos en general gracias por siempre estar conmigo.

A mi Universidad Autónoma del Estado de México muchas gracias, por brindarme la oportunidad de pertenecer a esta institución de gran prestigio, a sus maestros y colaboradores que siempre realizan un esfuerzo preponderante para la formación de sus alumnos.

Muchas gracias a mis directores de tesis Dr. Carlos Juárez Toledo y Dra. Irma Martínez Carrillo, a mis revisores Dr. Amador Huitrón Contreras y Mtro. Luis Alberto Huertas Abascal por su apoyo y dedicación que mostraron en todo momento para la realización de este proyecto.

Tengo la dicha de poder decir que a mi lado hay gente maravillosa, a todos ellos:
¡MUCHAS GRACIAS!

“Me gustaría agradeceréte de todo corazón, pero para ti mi querido amigo/a, mi corazón no tiene fondo” (*anónimo*).

RESUMEN

En la industria textil existe un inconveniente en la tonalidad de las telas, debido a los procesos de fabricación el color en un mismo lote de pedido cambia, generando inconvenientes de tiempo, presentación, costos, generando retrabajos innecesarios al momento de maquilar prendas de vestir que disminuyen la calidad de sus productos.

Por tal motivo el objetivo de este proyecto es diseñar y construir un dispositivo que clasifique las tonalidades de las telas en su proceso final de fabricación, para eliminar desperdicios y retrabajos en la producción de prendas de vestir.

El dispositivo está elaborado con ayuda de circuitos eléctricos y programación, gracias a su tarjeta inteligente de *Arduino*, es capaz de tomar lecturas de distintas tonalidades de color y mostrarlas en un ordenador para el estudio y clasificación de los datos.

Para observar su funcionamiento, se analizaron cuatro colores, además de blanco y negro, cada uno con tonalidades distintas, con la finalidad de conocer el rango de homogeneidad de color, mediante el uso de software *Matlab* se procesaron los datos que contribuyeron al cumplimiento de los objetivos, reduciendo el margen de error que actualmente se tiene.

Es importante mencionar que con la reducción de índices de rechazo en las telas, el personal encargado de la operación puede disponer de tiempo suficiente para revisar los procesos de entrega con los clientes, anticipar sus necesidades, hacer visitas a sus establecimientos para conocer de primera mano sus requerimientos y con ello establecer mejores relaciones de comunicación, encaminados a recibir propuestas de mejora para perfeccionar la calidad de las telas.

ÍNDICE DE CONTENIDO

pág.

GLOSARIO.....	6
---------------	---

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 PREÁMBULO A LA INDUSTRIA TEXTIL EN MÉXICO.....	9
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.3 OBJETIVO	14
1.4 METODOLOGÍA.....	15
1.5 ANTECEDENTES.....	17
1.6 ESTRUCTURA DE LA TESIS	20
1.7 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	21
REFERENCIAS	22

CAPÍTULO 2

PROCESO DE TEÑIDO Y EMPAQUE DE TELAS

2.1 INTRODUCCIÓN.....	23
2.2 FABRICACIÓN DE TELA	24
2.2.1 TIPOS DE TEJIDO.....	27
2.3 TEÑIDO DE TELAS.....	28
2.3.1 TEÑIDO DE HILOS.....	34
2.4 PROCESO DE PLANCHADO	35
2.5 EMPAQUE DE TELAS	37
REFERENCIAS	39

CAPÍTULO 3

DISEÑO Y DESARROLLO DE SISTEMA AUTÓNOMO DE SELECCIÓN DE COLOR

3.1 INTRODUCCIÓN.....	41
3.2 CALIBRACIÓN RGB.....	42
3.3 ELEMENTOS QUE COMPONEN EL SISTEMA AUTÓNOMO DE SELECCIÓN DE COLOR	45
3.4 DIAGRAMA.....	49
3.5 ARMADO DEL PROTOTIPO.....	50
3.6 PROGRAMACIÓN DE LA TARJETA ARDUINO UNO.....	55
REFERENCIAS	58

CAPÍTULO 4

IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS

4.1 INTRODUCCIÓN.....	59
4.2 IMPLEMENTACIÓN	60
4.2.1 CONDICIONES DE MEDICIÓN	62
4.3 MEDICIONES Y GRÁFICAS	64
4.4 COSTOS.....	72
4.5 CONCLUSIONES.....	73
REFERENCIAS	76

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

5.1 CONCLUSIONES.....	77
5.2 TRABAJOS FUTUROS	79

ANEXOS	80
--------------	----

ÍNDICE DE DIAGRAMAS Y TABLAS

	pág.
Diagrama 1.1. Proceso de fabricación del hilo	12
Diagrama 2.1. Proceso de teñido de tela en el laboratorio.....	30
Diagrama 2.2. Pasos necesarios durante el proceso de teñido.	32
Tabla 2.1 Procedimiento de elaboración de tela.....	24
Tabla 2.2 Tipos de tejidos.....	27
Tabla 2.3 Proceso de planchado	36
Tabla 3.1 Elementos que forman el sistema.....	45
Tabla 3.2 Equipo auxiliar en la elaboración del sistema autónomo de selección de color	48
Tabla 4.1 Costos estimados para la construcción de un sistema autónomo de selección de color	72
Tabla 4.2 Costos de materiales auxiliares	72
Tabla 4.3 Costos por devolución de material al proveedor	72

ÍNDICE DE FIGURAS

	pág.
Figura 1.1. Diferencia de tonalidades de un mismo lote de tela fabricando pantalón, cortesía de Bonpros S.A. de C.V.....	10
Figura 1.2. Características similares de pedido por lotes, cortesía de Bonpros S.A. de C.V.....	11
Figura 1.3. Diferencia de tonalidades en una prenda, cortesía de Bonpros S.A. de C.V..	12
Figura 1.4. Desecho de tela por diferencia de tonalidad en los rollos, cortesía de Bonpros S.A. de C.V.....	13
Figura 1.5. Diagrama de bloque de un sistema autónomo de control.....	14
Figura 1.6. Lote de tela para entrega seleccionado, cortesía de Doral Tex S.A. de C.V. .	15
Figura 2.1. Proceso de acomodo de hilos para ser tejido, cortesía de Doral Tex S.A. de C.V.....	25
Figura 2.2. Hilo embobinado que comienza a ser tejido, cortesía de Doral Tex S.A. de C.V.....	25
Figura 2.3. Fabricación del orillo a la salida del telar, cortesía de Doral Tex S.A. de C.V.26	
Figura 2.4. Fabricación de tela cuadrículada, cortesía de Doral Tex S.A. de C.V.....	26
Figura 2.5. Identificación de teñido en el laboratorio, cortesía de Doral Tex S.A. de C.V.	31
Figura 2.6. Tablero de control y máquinas de teñido durante el proceso, cortesía de Doral Tex S.A. de C.V.....	32
Figura 2.7. Prueba de deslavado en el laboratorio, cortesía de Doral Tex S.A. de C.V....	33
Figura 2.8. Acomodo de conos de hilo para ser teñidos, cortesía de Doral Tex S.A. de C.V.....	34
Figura 2.9. Tolva para teñir hilo, cortesía de Doral Tex S.A. de C.V.....	35
Figura 2.10. El lote de producción recibe el proceso de baño y cilindrado al ingresar al horno, cortesía de Doral Tex S.A. de C.V.	36
Figura 2.11. Rama donde la tela es planchada, cortesía de Doral Tex S.A. de C.V.....	37
Figura 2.12. Lote de producción preparado para su empaque, cortesía de Doral Tex S.A. de C.V.....	37
Figura 2.13. Empaque de telas, cortesía de Doral Tex S.A. de C.V.	38
Figura 3.1. Tabla de calibración.....	43

Figura 3.2. Comportamiento de los colores RGB en una medición.....	43
Figura 3.3. Muestras de la guía Pantone.....	44
Figura 3.4. Interfaz de la tarjeta Arduino conectada a los componentes del circuito.	49
Figura 3.5. Inicio de conexiones en la tabla de pruebas protoboard.	50
Figura 3.6. Conexiones de prueba de la tarjeta <i>Arduino</i>	50
Figura 3.7. Cable UTP montado a la base y listo para soldar.	51
Figura 3.8. Fotorresistencia y led conectados listos para entrar a la estructura final.	51
Figura 3.9. Resistencias conectadas a los componentes del circuito eléctrico.	52
Figura 3.10. Tarjeta <i>Arduino</i> fija en el interior de la estructura.	52
Figura 3.11. Proceso de soldar cables a la tabla fenólica.	53
Figura 3.12. Ambas partes del empaque final listas para ser ensambladas.	53
Figura 3.13. Parte frontal donde se toman las muestras de color.	54
Figura 3.14. Entrada a la tarjeta Arduino, donde se introducen los programas a ejecutar.	54
Figura 3.15. Estructura final del sistema autónomo de selección de color.....	55
Figura 4.1. Muestras de colores a analizar.....	61
Figura 4.2. Forma correcta de realizar una muestra de tonalidad en una tela.	63
Figura 4.3. Identificación de tela para muestras.	64
Figura 4.4. Gráfica de muestras para el color beige.....	65
Figura 4.5. Gráfica de muestras para el color azul marino.....	66
Figura 4.6. Gráfica de muestras para el color verde botella.....	67
Figura 4.7. Gráfica de muestras para el color vino.....	68
Figura 4.8. Gráfica de las cuatro muestras que se analizaron.	69
Figura 4.9. Gráfica de muestras para el color blanco.....	70
Figura 4.10. Gráfica de muestras para el color negro.	71
Figura 4.11. Análisis del color azul marino.	74
Figura 4.12. Análisis del color beige.....	74

GLOSARIO

Apertura: Acción de abrir lo que se encuentra cerrado, o bien, momento en que da comienzo el desarrollo de un acto o de una actividad en una corporación o lugar.

Área de batiente: Marco, ventana, puerta, cerco o persiana donde se realiza cierta actividad.

Bruñido: Proceso de acabado con arranque de viruta, con abrasivo duro que se realiza a una pieza rectificada previamente, con el objetivo de elevar la precisión y calidad superficial.

Carda: En la industria textil, se refiere a peinar con fuerza las fibras textiles antes de hilarlas, generalmente con un cepillo metálico.

Color base: Aquella coloración que se observa con mayor cantidad en un tono secundario, por ejemplo el color rojo es base del color vino.

Colorantes naftoles: Es un componente, sólido cristalino, utilizado para la producción de tintes orgánicos.

Descrude: Proceso de lavar la tela con la finalidad de eliminar los compuestos que en procesos anteriores se añadió.

Difusión: Proceso físico irreversible, en el que partículas materiales se introducen en un medio que inicialmente estaba ausente, aumentando la entropía (desorden molecular) del sistema conjunto formado por las partículas difundidas.

Maquillero: Persona fabricante de algún producto específico.

Mudador: En la industria textil, se refiere al cambio del hilo de un cono a otro cuando se está arrollando en éste.

Parafinas: Es el nombre común de un grupo de hidrocarburos alcanos derivado del petróleo con el cual se obtienen aceites pesados.

Paralelizar las fibras: Es el proceso de enderezar o fijar en una dirección las fibras que componen al hilo, para darle mayor firmeza.

Poros amorfos: Es una de las características que pueden adoptar los materiales en estado líquido y en estado gaseoso como vidrios o plásticos.

Pretrada: Proceso de limpiar las telas de sustancias agregadas en el paso del tejido en los telares.

Resolidificar: Proceso físico que consiste en el cambio de estado de la materia de líquido a sólido producido por una disminución en la temperatura o por una compresión de este material.

Saldo: Tela sobrante que no cumple con las características de utilidad en los procesos de fabricación de prendas de vestir.

Sistemas de ennoblecimiento: Proceso que permite integrar materiales nobles, plásticos y complejos a los artículos habituales desarrollando una tecnología avanzada en tipos de soportes.

Tafetanes: Tela delgada de seda, muy tupida.

Trama: Hilos perpendiculares a lo largo del telar, entrelazados forman el tejido.

Trócil: Es la máquina del proceso de transformación de fibras, se alimenta con pabito de veloz (maquina anterior a su paso), aplicando alto estiraje al hilo.

Urdimbre: Hilos que van a lo largo de la tela, entrelazados forman el tejido.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 PREÁMBULO A LA INDUSTRIA TEXTIL EN MÉXICO

En nuestro país la industria textil ha ocupado un lugar importante en la economía, su aportación a diversas entidades la ubican como una actividad productiva, dinámica y relevante, al ser sus productos de alto consumo, generan nuevos empleos en sus procesos de fabricación, es uno de los sectores más controvertido, tanto en la definición de tratados comerciales internacionales como por el cumplimiento de condiciones laborales y salariales, es un oficio que se integra principalmente por micro y pequeñas empresas que, en la actualidad se realiza por familias en sus domicilios, en talleres, en instalaciones fabriles para la elaboración de hilaturas y grandes cantidades de telas [01].

A pesar de tener una demanda importante en sus productos, esta industria compite con la importación de mercancías que llegan a México, sin embargo no cumplen las especificaciones de los clientes que fabrican las prendas de vestir, pero gracias al bajo costo se genera la competencia en este mercado.

Las empresas textiles altamente competitivas se caracterizan por poseer tecnologías avanzadas, así como personal altamente calificado, por lo cual es indispensable que se apoyen estratégicamente con estructuras apropiadas, con el uso extensivo de avanzadas tecnologías de producción, de información y de comunicación [02].

En las industrias textiles mexicanas se ha generado un gran avance en los últimos años, gracias a la implementación de tecnologías que favorecen el proceso de elaboración, sin embargo aún se presentan problemas que se pueden eliminar para mejorar la calidad en los productos, generando mayores ingresos al sector, minimizando la cantidad de mercancía de importación y facilitando los procesos de maquilado.

Actualmente se enfocan al desarrollo, diseño y diferenciación de productos textiles, a la modernización tecnológica, generación de empleos, generación de ingresos, pero sobre todo la satisfacción del cliente.

Dentro de este sector se considera de forma significativa la presentación del producto al instante de su venta y un aspecto muy importante es la tonalidad de la tela para la creación de vestimentas, dentro de esta industria se sabe que “el color vende”, imagine que una empresa muy importante de textiles ha elaborado una camisa usando el mejor algodón, las mejores máquinas de tejido, teñida con la última tecnología y con un acabado artístico, pero lamentablemente sin tonalidad, por consecuencia, imposible de vender, es por eso la importancia de generar productos con un alto nivel de calidad en el color de modo que satisfaga las necesidades de sus clientes [03].

En este trabajo se aborda la problemática que genera la variedad de tonalidades que se obtienen en la fabricación de telas, esta situación dificulta los procesos de producción de las prendas, como se muestra en la figura 1.1.



Figura 1.1. Diferencia de tonalidades de un mismo lote de tela fabricando pantalón, cortesía de Bonpros S.A. de C.V.

Con el desarrollo de un sistema autónomo de selección de color ayudará a clasificar la tonalidad en las telas, para el empaqueo y entrega de rollos según las especificaciones del cliente.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La característica principal en diversas áreas de la industria es la búsqueda de los procesos que involucran la obtención de un producto final y la satisfacción del consumidor. La optimización es el proceso de hacer algo mejor, pero consiste en el tratamiento de las variaciones de un concepto inicial y usar la información obtenida para mejorar la idea, así como hallar el máximo o mínimo relativo de una función, para ajustar las entradas a las características de un dispositivo, proceso matemático o experimento para encontrar la salida [04].

Una de las peculiaridades con las que se enfrenta la industria textil en la elaboración de telas es la variación de tonos. El tipo de tela que presenta estas características con mayor regularidad es aquella que se utiliza para la confección de uniformes, debido a que los fabricantes son mayoristas deben cumplir con las características de fabricar grandes cantidades de prendas con características similares, como se muestra en la figura 1.2.



Figura 1.2. Características similares de pedido por lotes, cortesía de Bonpros S.A. de C.V.

Los fabricantes y maquileros de prendas de vestir, realizan pedidos de materia prima a un proveedor, sin embargo el material presenta la variación de tonos desde fábrica como se muestra en la figura 1.3, complicando su proceso de producción de vestimenta, generando insatisfacción de los clientes [05].

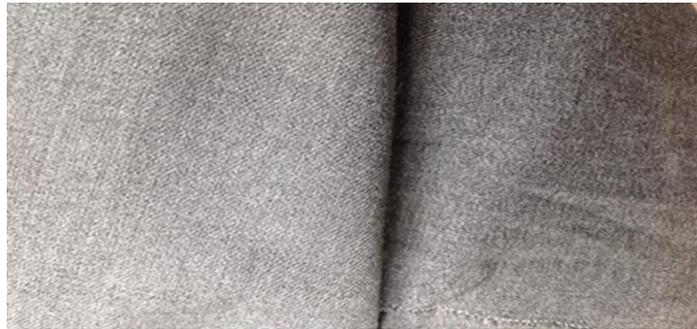


Figura 1.3. Diferencia de tonalidades en una prenda, cortesía de Bonpros S.A. de C.V.

El problema se genera desde la creación de los hilos, pues las fibras que lo conforman tienen propiedades diferentes y esto tiene efectos en el trascurso del teñido. A continuación en el diagrama 1.1, se muestra el proceso de creación de los hilos para la formación de la tela.

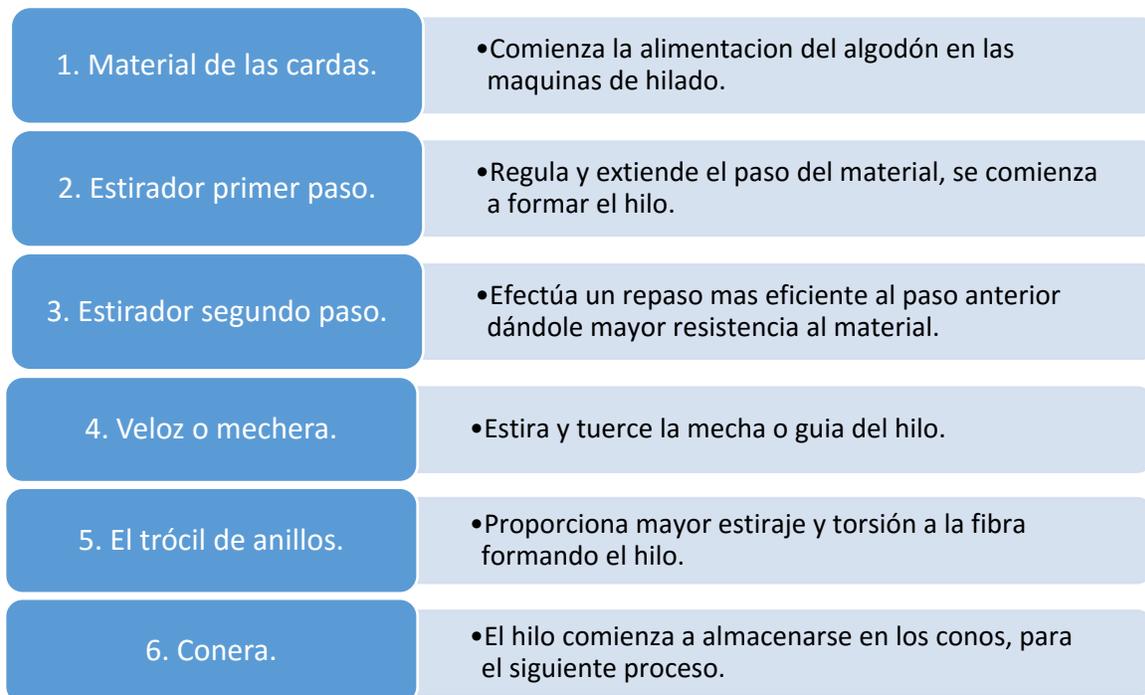


Diagrama 1.1. Proceso de fabricación del hilo.

Cada una de las etapas descritas, es monitoreada por medio de computadoras que registran todo tipo de pruebas, con la finalidad de crear productos en serie de alta calidad, agilizando los procesos de fabricación para satisfacer las necesidades del mercado [06].

Otro aspecto importante es la gran cantidad de tela que se deshecha debido a que la tonalidad de un rollo a otro cambia, como se muestra en la figura 1.4, por lo tanto resulta inadecuado formar una prenda uniendo telas de tonalidades distintas. Obtener el mismo tono de tela es posible, sin embargo para llevar a cabo el proceso se requiere de tiempo, además de que se genera contaminación por la actividad manufacturera, volviéndose un desafío ambiental, económico y social para México. El gran crecimiento de la producción manufacturera en las últimas décadas ha presionado intensamente en el ambiente al cooperar día a día en los niveles de contaminación en el país. Dicha presión ha sido severa, sobrepasando la todavía incipiente adopción de tecnologías “limpias”, la capacidad de infraestructura para el tratamiento, la disposición de residuos peligrosos, las emisiones a la atmósfera, y descargas a los cuerpos de agua y suelos [07].



Figura 1.4. Desecho de tela por diferencia de tonalidad en los rollos, cortesía de Bonpros S.A. de C.V.

Una vez que se obtenga la unificación de los tonos requeridos en uno o más lotes de tela, la industria textil tendrá un gran avance, ya que disminuirán las pérdidas monetarias por desecho de materia prima que no cumple con los estándares de calidad que el mercado requiere, lo que puede reducir el impacto al cuidado del medio ambiente [08].

Con la reducción de procesos, esto incidirá proporcionalmente en el costo de producción, lo que apoyará a una disminución en el costo de venta de la tela, situación que debe apoyar al consumo del producto al volver los procesos más ágiles, generar mayores ingresos al productor, y colocando productos con precios más accesibles para el consumidor.

En este trabajo se pretende diseñar y construir un sistema autónomo de selección de color, capaz de clasificar las diferencias de tonalidades que existen entre una pieza de tela y otra, entregando lotes con características similares de intensidad de color, como se muestra en la figura 1.5 [09].

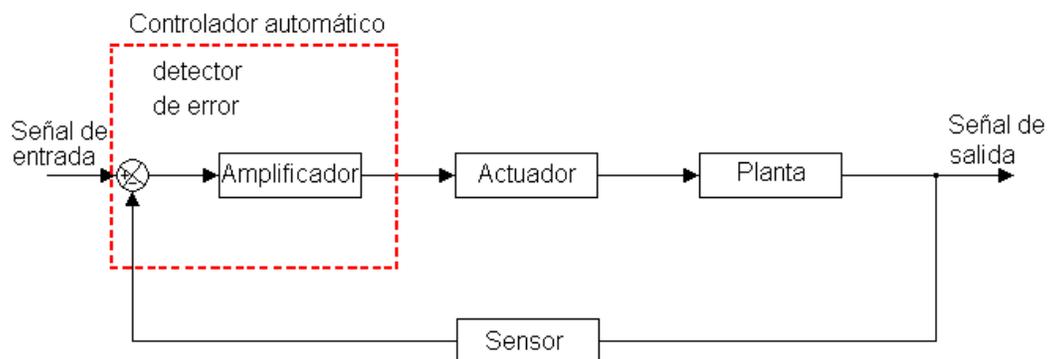


Figura 1.5. Diagrama de bloque de un sistema autónomo de control.

1.3 OBJETIVO

Diseñar y construir un dispositivo que clasifique las tonalidades de las telas en su proceso final de fabricación, para eliminar desperdicios y retrabajos en la producción de prendas de vestir.

Los objetivos específicos son:

- Disminuir el desperdicio de tela, así como los tiempos perdidos en el proceso de fabricación de vestimentas, en un 30%.
- Aumentar la satisfacción de los clientes un 80%, en calidad, tiempo, costo y presentación del producto.

1.4 METODOLOGÍA

El sistema autónomo de selección de color es un instrumento que mide la reflexión y la absorción de la luz, en este proyecto lo utilizaremos para reconocer las tonalidades del color en un proceso de fabricación de tela para entrega al usuario con las especificaciones requeridas, como se muestra en la figura 1.6.



Figura 1.6. Lote de tela para entrega seleccionado, cortesía de Doral Tex S.A. de C.V.

La metodología previamente identificada para llevar a cabo este trabajo se enlista a continuación:

- 1. Planteamiento del problema:** En la industria textil se crean lotes de rollos de tela las cuales son actualmente el producto principal en esta área, sin embargo para teñirla, existen técnicas diferentes que se explican más adelante, dependen del tipo de fabricación de los hilos, o bien de las cantidades de metros de tela que se desean matizar, estos métodos son múltiples, pero las mezclas son únicas para cada pieza, debido a que se pintan grandes cantidades de tela, lo que resulta difícil dimensionar todo el rollo para preparar la mezcla, por lo cual la tela únicamente se pesa, basándose en ese dato se prepara la composición, *esta es una de las causas por la cual se obtiene diferentes tonalidades, aun siendo del mismo color y al instante de maquilar la tela se presentan dificultades y detenciones que generan pérdidas económicas, así como de tiempo.*

- 2. Recopilación de información bibliográfica:** Con el fin de obtener la mayor cantidad de información relevante sobre este tema, se realizará una colección de fichas bibliográficas de las distintas ramas o subtemas a tratar, colocando los datos bibliográficos y una breve descripción del contenido para facilitar el enriquecimiento de información de este proyecto, además de realizar una visita tanto en la fábrica de telas como en la producción de prendas de vestir.

- 3. Identificación de los parámetros a medir:** Se seleccionarán cuatro colores de tela con tonalidades diferentes cada uno, con la finalidad de observar y analizar la diferencia o similitud que existe entre sí, además de los colores blanco y negro.

- 4. Diseño y construcción de sistema autónomo de selección de color:** El dispositivo que se realizará en este proyecto se basa en el funcionamiento de conexión de un circuito donde, una fotoresistencia, un led blanco y un led RGB, se encargarán de captar la intensidad o tonalidades que se estén poniendo a prueba, utilizará un potenciómetro para graduar la sensibilidad de

los componentes que detectan la luz, este circuito estará conectado a una tarjeta o placa inteligente de *Arduino*, para enviar señales de prueba a un equipo de cómputo, en el cual se monitorearán las medidas necesarias para lograr los objetivos.

5. **Experimentación:** Una vez que el dispositivo está listo, se pondrá en práctica, analizando pruebas reales que se obtienen al finalizar los procesos de fabricación de tela, para observar el funcionamiento real, considerando el objetivo principal que ejecutará la implementación de mejoras, posteriormente se verificarán las ventajas que genera esta aplicación.

6. **Resultados y conclusiones:** Este proyecto busca resultados a través de la experimentación, mediante la observación de los aspectos que nos impiden obtener los resultados adecuados, así como la opinión de los expertos en el tema, a continuación efectuar los perfeccionamientos necesarios. El producto final mostrará las justificaciones reales del dispositivo mediante materia prima utilizada en esta industria.

1.5 ANTECEDENTES

A lo largo de la historia los métodos de teñido han ido evolucionando de forma significativa, logrando tonalidades cada vez más importantes, sin embargo no se ha logrado obtener la similitud entre piezas distintas, además de que no se obtienen las características que en su totalidad requieren estos productos [10].

Existen una gran variedad de métodos para teñir las telas, sin embargo varían desde los componentes, tiempo, costo, brillantez, así como la cantidad de tela que se desea matizar y otras necesidades que se requieran, algunos de los métodos más utilizados son:

- Los colorantes a la tina.
- Impregnación.
- Los colorantes reactivos.
- Los colorantes al sulfuro.
- Los colorantes naftoles.

Los colorantes a la tina: es el proceso que más se ha usado, pues está registrado desde 1970, se caracterizan por tener alta solidez en tratamientos húmedos, insolubles en agua, colores apagados, gama de colores limitada, no amigables con el medio ambiente y la salud, además de presentar precios elevados respecto a otros [11].

Impregnación: se utiliza desde 1980, comprenden una variedad de sistemas de ennoblecimiento que se caracterizan por el tratamiento a la continua o semicontinua de un material textil, este proceso permite el pretratamiento, blanqueo, tintura y acabado de grandes producciones de tela de géneros planos, y también de tejidos de punto, requiere de instalaciones especiales [12].

Los colorantes reactivos: se aplican a todo tipo de telas tanto de algodón 100% como en mezclillas, se caracterizan por tener colores de alta solidez, tonos muy brillantes, amplio rango en temperaturas de aplicación y precios relativamente bajos, se comenzó a utilizar en el año 2000 [13].

Los colorantes al sulfuro: esta es una familia de colorantes de antigua data, que viene cayendo en desuso por el avance de las otras familias de colorantes, sin embargo todavía tiene importancia comercial por los tonos negros que se logran con muy buena solidez y a un bajo precio, pero la gama de colores que presenta es muy limitada [14].

Los colorantes naftoles: se caracterizan por tener colores de alta solidez, tonos muy profundos e intensos, precios relativamente bajos, tiempos prolongados

de aplicación y una gama limitada de colores, se utilizaban hasta hace poco, pero han ido desapareciendo [15].

A lo largo de la vida, los seres humanos han convivido con los colores, ya sea en los campos de trabajo, en su vestimenta, en artículos de diseño, en la decoración de su vivienda, para identificarse de algún grupo, gustos, creencias, entre otras, sin embargo hace muchos años las metodologías para obtenerlos y aplicarlos en sus actividades eran más rústicos, pues se obtenían de la naturaleza, de vegetales, de animales, algunos de ellos se siguen utilizando gracias a sus propiedades al teñir [16].

Sin embargo dentro de la industria textil, las tecnologías han generado un avance en el paso de teñido, han mejorado los procesos de fabricación de telas, además de maximizar los métodos de maquilado, satisfaciendo las necesidades del mercado y generando mayor demanda en los productos.

Es importante introducir la mayor cantidad de automatizaciones en los procesos de esta industria, pues los beneficios que se obtienen son de gran importancia en la economía del país. La presencia de tecnologías obsoletas no automatizadas en un número significativo de empresas textiles hace necesario formular una estrategia de escalamiento tecnológico acorde a su tamaño, capacidad y potencial [17].

La fortaleza más importante de las empresas radica en la calidad del producto, el buen servicio proporcionado al cliente, esta es la causa más trascendental de tener industrias con procesos automatizados.

1.6 ESTRUCTURA DE LA TESIS

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

Explicación general de la problemática que se detecta en la industria textil y como la implementación del sistema autónomo de selección de color puede ayudar a disminuir el margen de error.

CAPÍTULO 2. PROCESO DE TEÑIDO Y EMPAQUE DE TELAS

Se explica el proceso de teñido de telas realizando una investigación en las instalaciones de Doral Tex S.A. de C.V. con la finalidad de conocer la composición de los tejidos, los diversos tratamientos, la combinación de los tintes, temperaturas y acabados de una pieza completa de tela, para observar cuales son los principales factor que interviene en la problemática textil.

CAPÍTULO 3. DISEÑO Y DESARROLLO DE SISTEMA AUTÓNOMO DE SELECCIÓN DE COLOR

En este capítulo se explica el funcionamiento de cada uno de los componentes que forman al circuito, así como las conexiones y los sistemas de programación llevados a cabo en el funcionamiento del dispositivo, se muestra la composición de su estructura final.

CAPÍTULO 4. IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS

Se explica como el sistema autónomo de selección de color es llevado a la práctica, realizando pruebas en distintos casos de características diferentes, capturando y graficando los datos obtenidos con el fin de demostrar que el proyecto es de suma importancia dentro del área textil.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Se analiza el funcionamiento del dispositivo para proponer nuevas utilizaciones e implementar su uso dentro de otras áreas, así como fortalecer los proyectos dentro de la ingeniería.

1.7 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Nº	Actividad a desarrollar	2016															
		Enero				Febrero				Marzo-Mayo				Junio			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Recopilación de datos para la introducción	■	■														
2	Visita a empresas para conocer los procesos de teñido			■	■												
3	Elaboración del proceso de teñido					■	■										
4	Diseño y desarrollo del sistema a utilizar						■	■									
5	Realizar la implementación y validar los resultados									■	■	■					
6	Realizar revisiones													■	■	■	
7	Tramites de titulación																

REFERENCIAS

- [01] Dra. Juana Patlán, Lic. Diana Delgado, “La industria textil en México; diagnóstico, prospectiva y estrategia”, ITAM centro de estudios de competitividad, p. 5-9, México, D. F., 2010.
- [02] Rafael Vázquez Pérez, “Introducción a la optimización”, inteligencia artificial II, 2012.
- [03] TELCOTEXTIL, Las mejores telas de México, “El color”, actualizado en 2011.
- [04] Carlos Orihuela Romero, “Matemáticas para economistas”, MSc, capítulo 4: Optimización pág. 81, 2010.
- [05] Red Textil Argentina, artículo, 2012.
- [06] Esparza, “Teoría de los hilado”, Editorial Limusa, Grupo Noriega Editores, Primera Impresión, pág. 115, 2010.
- [07] Rhys O. Jenkins, Alfonso Mercado García, “Ambiente e industria en México, tendencias, regulación y comportamiento empresarial”, el colegio de México, pág. 15, 2012.
- [08] Confección y productos textiles acabados, Robín Herbert y Rebeca Plattus, enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo, sumario 87.1.
- [09] Benjamín C. Kuo, “Sistemas de Control Automático”, Prentice hall séptima edición, pág. 26. 2012.
- [10] Corporación REY S. A. “Control de calidad textil”, 2010.
- [11] Red textil Argentina tintura de telas de algodón. “Métodos de teñido de telas”, 2011.
- [12] Mathis, “Máquinas para teñir cintas en proceso continuo”, artículo 2012.
- [13] Capítulo 4, “Colorantes reactivos”, artículo 2010.
- [14] Secretaría de Educación Pública, “Teñido de colorantes indantrenos, al azufre e índigo”, modelo académico, primera edición, 2010.
- [15] Laura Martínez, Horacio Álvarez, Susana Del Val, “teñido de seda con colorantes naturales”, INTI Textiles, pág. 11, 2003.
- [16] Ana Roquero, “aproximación a los tintes: documentación sobre el color en los tejidos antiguos”, Textile fórum, 2009.
- [17] K. J. Chiluiza, F. P. Piguave, Ing. Miguel Yapur. “Análisis, Diseño y construcción de un colorímetro Básico, para ser utilizado en un laboratorio clínico, utilizando microcontroladores”, escuela superior politécnica del Litoral, 2010.

PROCESO DE TEÑIDO Y EMPAQUE DE TELAS

2.1 INTRODUCCIÓN

El teñido en las telas ha sido tradicionalmente una alternativa para satisfacer gustos o modas en la industria textil, la elaboración de ellas van desde pequeños lotes a grandes cantidades de tela, lo que genera un margen de error en los procesos, por lo que es necesario establecer parámetros para cada tipo de teñido, tomando en cuenta el tamaño, material de la tela, temperaturas y funcionamiento adecuado de la maquinaria [01], sin embargo intervienen otros factores para lograr la calidad de los productos.

El teñido de telas no requiere solamente de colorantes y químicos, sino también de varios productos especiales conocidos como auxiliares de teñido, estos materiales incrementan las propiedades de los productos terminados, mejorando la calidad de suavidad, firmeza, textura, estabilidad dimensional, resistencia a la luz, al lavado, entre otros [02], además de todos estos componentes, es importante la supervisión personal para lograr un desarrollo adecuado.

La fabricación de telas incluye una serie de operaciones controladas y supervisadas que indican el estado de los procesos, es una larga cadena de métodos que incluye la participación de conocimientos relevantes por parte de los ingenieros y trabajadores para obtener el producto final esperado [03].

En este apartado se abordarán los conceptos y principios básicos que intervienen en el proceso de la elaboración y teñido de la tela de forma convencional.

2.2 FABRICACIÓN DE TELA

Dentro de esta industria existe una extensa gama de modelos, dibujos y texturas que se pueden realizar en los telares de acuerdo a los requerimientos de los clientes, puede ser una tela cuadrada que incluya varios colores, o bien una tela de color uniforme, para cada uno de estos casos se utilizan diferentes métodos [04].

Tabla 2.1
Procedimiento de elaboración de tela [05].

PROCESO	CARACTERÍSTICA
1. Obtención de fibras.	Son obtenidas de algodón, lino u otras plantas, ovejas, gusanos de seda o fibras químicas.
2. Torcido	<ul style="list-style-type: none">• Torsión ligera: proporciona superficies suaves.• Torsión dura: produce tejidos de superficie resistente, menos propensos a ensuciarse y arrugarse, sin embargo estos tejidos encogen más.
3. Acomodado	Consiste en colocar el hilo en pequeños conos, estos conos son acomodados en una estructura de acuerdo al número de hilos que formarán la tela, como se muestra en la figura 2.1.
4. Enrollado	Los hilos que están acomodados en la estructura comienzan a ser alineados y enrollados en bobinas de gran tamaño llamadas enjulios para ingresar al telar.
5. Tejido	Las bobinas de hilo se acomodan en la base del telar, los hilos son enhebrados y comienzan a ser tejidos de acuerdo a la textura que la programación esté indicando de acuerdo a las características deseadas por el cliente, como se muestra en la en la figura 2.2.
6. Obtención de tela	Por último, en este proceso la tela es obtenida al final del telar.



Figura 2.1. Proceso de acomodo de hilos para ser tejido, cortesía de Doral Tex S.A. de C.V.



Figura 2.2. Hilo embobinado que comienza a ser tejido, cortesía de Doral Tex S.A. de C.V.

Cuando se fabrica la tela se realiza un tejido especial en los extremos con la finalidad de que la tela conserve su arreglo original durante todo su proceso [06], como se observa en la figura 2.3.



Figura 2.3. Fabricación del orillo a la salida del telar, cortesía de Doral Tex S.A. de C.V.

Para la elaboración de tela con dibujo a cuadros o rayada, los hilos son teñidos antes de ser acomodados y alineados, para después iniciar su proceso de tejido, como se observa en la figura 2.4, en este proceso es muy importante cuidar el conteo de los hilos que ingresan en forma vertical y horizontal, de lo contrario el defecto es más visible en estas telas [07].



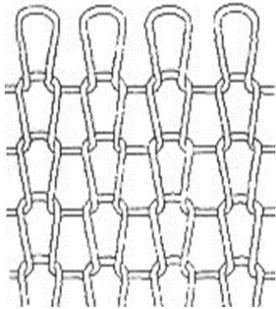
Figura 2.4. Fabricación de tela cuadrículada, cortesía de Doral Tex S.A. de C.V.

2.2.1 TIPOS DE TEJIDO

En la creación de tela existen una gran diversidad de texturas y tejidos, cada uno de estos tipos requiere una programación específica en los telares tomando en cuenta el número de agujas que van generando el tejido en forma vertical y horizontal [08], la intensidad de color en algunas telas varía de acuerdo al tipo de tejido que contiene dicha pieza.

Tabla 2.2
Tipos de tejido [09].

TIPOS DE TEJIDO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
Plano	Formado por dos hilos principales entrelazados, urdimbre (a lo largo de la tela) y trama (a lo ancho de la tela), por su composición se utiliza para telas cuadriculadas, la manta y el velo utilizan este tejido.	
Cruzado	Se caracteriza por las líneas diagonales muy marcadas producidas por entrelazamiento de dos hilos de la urdimbre con un hilo de la trama en filas alternas, debido a su tejido forma una tela muy resistente, un ejemplo es la mezclilla.	
Satín o satén	Tiene una textura suave y delgada que se logra pasando los hilos de la urdimbre encima de unos cuantos de la trama, la exposición de la luz en los hilos libres produce su brillo particular.	

<p>De punto</p>	<p>Es una estructura elaborada a base de mayas, sus orígenes remontan al anudado de redes en los pueblos antiguos, en donde se formaban rejillas entrelazando hilos mediante agujas manuales o automáticas en una serie de lazadas unidas entre sí.</p>	
<p>De punto por trama</p>	<p>Es uno de los más delicados por su composición y textura, se utiliza en prendas hechas a mano, se forma cuando uno o varios hilos van creando la malla en sentido transversal entrelazándose al mismo tiempo.</p>	

Cuando los clientes requieren un tejido que nunca se ha fabricado, los ingenieros deben analizar en un microscopio la composición de éste, con el propósito de programar el diseño en los telares y reproducir el producto.

2.3 TEÑIDO DE TELAS

Cuando la tela ha sido fabricada en la textura que los clientes han solicitado o los ingenieros han diseñado para la producción, el siguiente proceso es darle color, la tela es fabricada en crudo tal y como los hilos son originados, se producen grandes cantidades que posteriormente serán sometidas al baño de pintura [10], esta producción es identificada de acuerdo a la textura y color que recibirá dicha pieza.

Las características de los colorantes, comprende el conjunto de valores técnicos-económicos que identifican a cada familia de colorantes que constituyen la

base de análisis y selección de cada una de ellas para representar mejor los requerimientos finales del color sobre la tela [11]. Algunas particularidades que debe cumplir son, por ejemplo, brillo del color, solidez o grado de permanencia frente a condiciones ambientales, intensidad posible de lograr, facilidad de aplicación, entre otros.

Los valores económicos se resumen al costo del proceso, compuesto por el precio de los colorantes, productos empleados, maquinaria, energía, mano de obra, entre otros.

Conceptualmente, los métodos de aplicación no son otra cosa que las mejores condiciones de tiempo de permanencia, temperatura y pH (nivel de acidez o basicidad) de los baños de tintura, que contienen los colorantes y productos auxiliares necesarios, para lograr el mayor rendimiento de color una vez finalizado el proceso. Oportunamente existen otras variables de importancia que deben ser tomadas en cuenta, por ejemplo la relación de baño (cantidad de tela respecto al volumen de líquido empleado), la velocidad de circulación de la mercadería a través del baño de tintura o viceversa, la estructura de la tela en función de los equipos de teñido y otras tantas más [12].

En este proceso se debe realizar un seguimiento de operaciones, partiendo de dos secuencias principales:

1. La fórmula del color es conocida por tratarse de un color standard predeterminado.
2. La fórmula del color es desconocida y requiere determinarse en el laboratorio.

En el primer caso se ubica un catálogo de colores fijos y en el segundo se imita el tono de una muestra en un laboratorio. Desde que el ser humano comenzó a colorear una fibra, un hilado o una tela, ha ido desarrollando un oficio que le otorga a quien lo ejerce, la capacidad de poder realizar a partir de una muestra de color, un teñido o un estampado con el mismo tono e intensidad, sobre un material textil,

ese oficio es del colorista textil [13]. Por muchos años, fue la persona clave para poder imitar colores de muestra sobre una tela determinada.

Dentro del laboratorio se realizan las pruebas necesarias de tonalidad para el color que se fabricará, este departamento cuenta con todo el equipo similar a un teñido industrial, aquí se tienen los colorantes en polvo que se desean obtener en forma directa, sin embargo para lograr colores secundarios se prepara la combinación de los primarios, siguiendo formulaciones establecidas se alcanzan las tonalidades de colores específicos, este paso se debe realizar cuidadosamente, pues aquí inicia la intensidad del color que se desea obtener.

En el laboratorio se utilizan los elementos precisos para desarrollar las pruebas, con ayuda de una probeta graduada se cuantifican las cantidades de colorantes que se agregarán a los recipientes, *todos los materiales están pesados y controlados a temperaturas específicas.*

Cuando se llevan a cabo las pruebas en el laboratorio se realiza como se muestra en el diagrama 2.1.

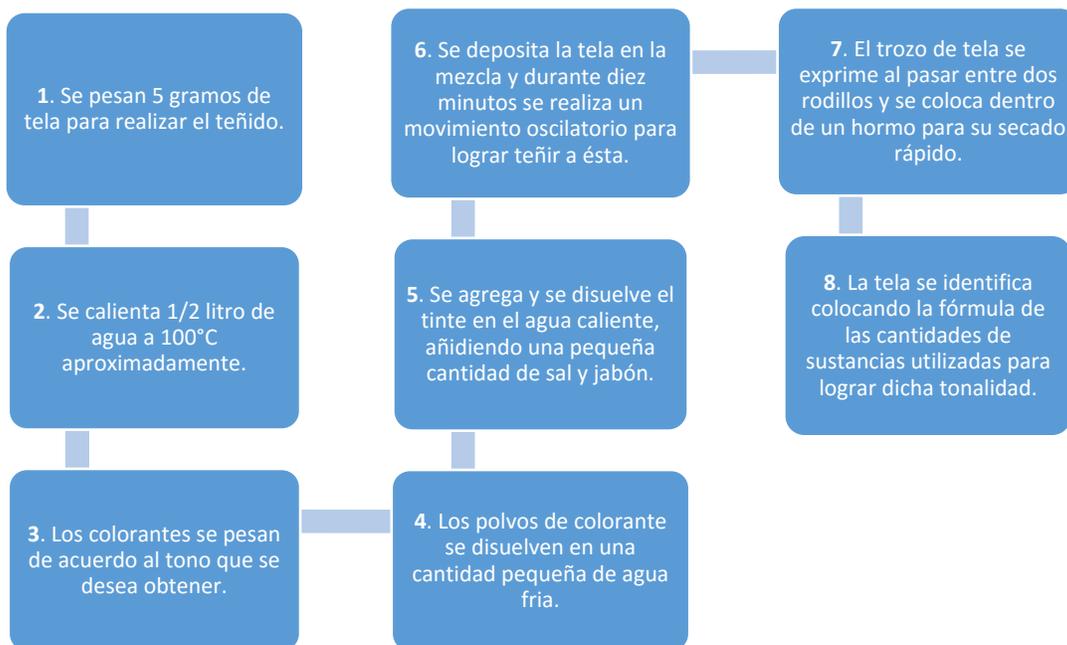


Diagrama 2.1. Proceso de teñido de tela en el laboratorio.

Finalmente cuando la tonalidad se obtiene por primera vez, este proceso se realiza como mínimo tres veces antes de llevarlo a cabo en producción, después se elige la tonalidad más satisfactoria para producirla, se aplica tomando como referencia las fórmulas del laboratorio como se observa en la figura 2.5.



Figura 2.5. Identificación de teñido en el laboratorio, cortesía de Doral Tex S.A. de C.V.

Al iniciar el teñido, los rollos de tela cruda se unen hasta formar 400 metros aproximadamente y se introducen en las máquinas de teñido, que son contenedores en forma de cilindros, funcionan como especie de lavadoras. Primero, durante casi 6 horas se lava perfectamente la tela con el propósito de retirar todas las sustancias que fueron adicionadas en el tejido, cuando se ha limpiado, se agregan los colorantes en una tolva que poco a poco irán llegando a los contenedores de tela por medio de una conexión de tuberías [14].

El proceso de teñido debe ser vigilado en todo momento, debido a que dura aproximadamente de entre seis o siete horas a una temperatura de 125°C, durante el proceso se adiciona un porcentaje de cloruro para facilitar la absorción del colorante, jabón para darle suavidad y sosa caustica para limpiar algunas partículas en la tela permitiendo la absorción del nuevo colorante [15], tal como se observa en la figura 2.6.



Figura 2.6. Tablero de control y máquinas de teñido durante el proceso, cortesía de Doral Tex S.A. de C.V.

Para lograr un proceso adecuado se deben considerar los siguientes factores del diagrama 2.2 [16].

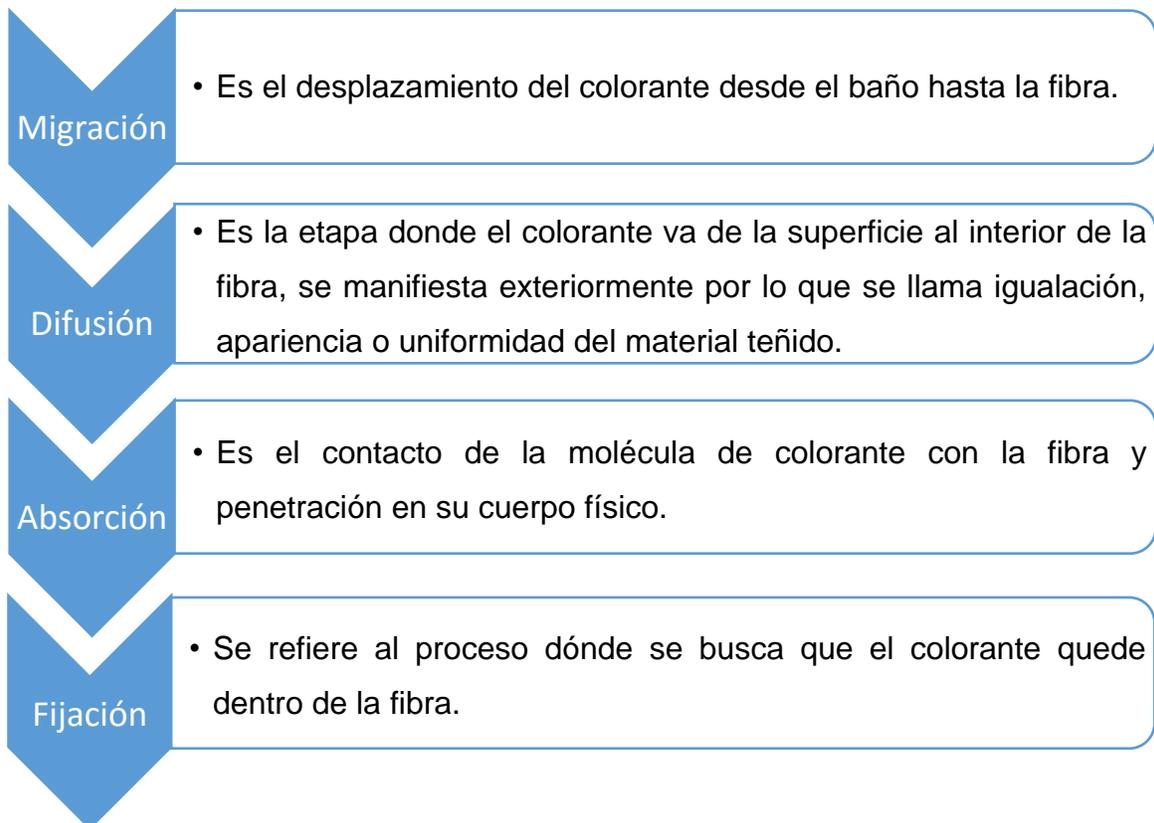


Diagrama 2.2. Pasos necesarios durante el proceso de teñido.

Cuando el proceso de teñido ha finalizado, la tela se deja escurrir por un determinado tiempo para después ser lavada nuevamente en la misma máquina de teñido y retirar toda la pintura que no fue absorbida por la tela, cuando este paso se cumple, se toma una muestra de la tela teñida para realizar una nueva prueba en el laboratorio, ésta consiste en simular el lavado de prendas de vestir en lugares domésticos, introduciendo la tela recién pintada junto con una tela blanca dentro de un contenedor con agua limpia se agrega jabón y la mezcla se agita durante diez minutos aproximadamente [17]. Este proceso es para determinar si la tela en cuestión libera pintura que permea en la tela de color clara.

Tomando en cuenta los factores anteriores se estudia y se comparan las cantidades de color que existen tanto en el agua como en la tela blanca, si estos indicadores sobrepasan los estándares establecidos la tela nuevamente se somete al proceso de lavado o enjuague, este paso se repite hasta lograr que el colorante no se desprenda de la tela como se observa en la figura 2.7 [18].



Figura 2.7. Prueba de deslavado en el laboratorio, cortesía de Doral Tex S.A. de C.V.

Una vez que el proceso de teñido cumple con los requerimientos de calidad comienza a ser retirada de los contenedores, con ayuda de máquinas especiales es exprimida, extendida y acomodada en movimiento oscilatorio para poder ingresar al siguiente proceso, donde ahora se le darán los últimos toques de presentación al cuerpo de la tela [19].

2.3.1 TEÑIDO DE HILOS

El teñido de hilos se utiliza en la elaboración de tela cuadrada, rayada o aquella que está diseñada con algún dibujo en particular. Este proceso es similar al teñido de telas, a diferencia de que en la fabricación primero se realiza el teñido de los hilos y después se tejen las telas dándole los acabados precisos [20], de la misma manera se llevan a cabo las pruebas para obtener las tonalidades adecuadas.

En el laboratorio se realizan las pruebas con cinco gramos de hilo, se mezclan los colorantes perfectamente proporcionados para determinada tonalidad, el hilo comienza a ser teñido como se muestra en el diagrama anterior número 2.1, cuando cumple con las características se realizan los preparativos para llevarlo a producción, ahora en una plataforma que a su vez cuenta con bastones de metal verticales se insertan los conos con material en crudo como se muestra en la figura 2.8, para después ser introducidos a una tolva donde adquirirán un nuevo color [21].



Figura 2.8. Acomodo de conos de hilo para ser teñidos, cortesía de Doral Tex S.A. de C.V.

Con ayuda de una polea, la plataforma que contiene los hilos es llevada a la tolva donde se desarrolla el teñido como se observa en la figura 2.9, aquí al igual que en el teñido de telas, todos los componentes son pesados, medidos y controlados, con la finalidad de obtener el tono similar a las pruebas de laboratorio

[22]. Al finalizar también se corta un trozo de hilo y se realiza la prueba de deslavado como en el teñido de las telas.



Figura 2.9. Tolla para teñir hilo, cortesía de Doral Tex S.A. de C.V.

Por último los hilos teñidos se almacenan por color, para iniciar su acomodo, conteo y alineación de acuerdo a la tela que se fabricará.

2.4 PROCESO DE PLANCHADO

Este es sin duda uno de los pasos más serios en la fabricación de tela, debido que aquí se le dan los últimos toques de acabado y presentación. Es una de las etapas más delicadas, pues los lotes de tela que han sido teñidos comienzan a entrar a la plancha, este proceso dura aproximadamente dos o tres horas y durante ese lapso de tiempo la temperatura debe ser igual de principio a fin, de lo contrario la tonalidad en la tela varía de acuerdo al nivel de calor que recibe en este paso. El proceso se muestra en la tabla 2.3.

Tabla 2.3.
Proceso de planchado [23, 24].

PROCESO	DESCRIPCIÓN
<p>Baño y Cilindrado</p>	<p>Estos pasos se realizan a la par, mientras la tela pasa a presión entre rodillos calientes en su interior, al mismo tiempo se le agrega un baño de sustancias como ceras, resinas, ácidos, entre otros, que darán suavidad, brillo, cuerpo, anchura y evitan el deslave del color en la tela, como se muestra en la figura 2.10.</p>
<p>Planchado</p>	<p>Se lleva a cabo en la máquina llamada <i>rama</i>, compuesta de 9 campos o bombas de calor a 190°C, debido a que la temperatura es fundamental en el tratamiento de las características específicas, así como en la tonalidad del color, cualquier cambio de temperatura es visible en la superficie de la tela, figura 2.11.</p>
<p>Embobinado</p>	<p>Finalmente la tela es acomodada en caballetes para ser analizada en el control de calidad y empacada para su venta, figura 2.12.</p>



Figura 2.10. El lote de producción recibe el proceso de baño y cilindrado al ingresar al horno, cortesía de Doral Tex S.A. de C.V.



Figura 2.11. Rama donde la tela es planchada, cortesía de Doral Tex S.A. de C.V.



Figura 2.12. Lote de producción preparado para su empaque, cortesía de Doral Tex S.A. de C.V.

2.5 EMPAQUE DE TELAS

Cuando la tela ha sido teñida y ha obtenido las sustancias químicas de acabado, entra al proceso de empaque, aquí llegan los caballetes con el lote de producción de 400 metros, y cuando se lleva a cabo el empaque se realiza una revisión de la textura con el sentido del tacto [25].

La tela pasa del caballete a un cono de cartón el cual ya será parte de su empaque, durante este traspaso la tela se va midiendo con ayuda de un odómetro que cuenta la cantidad de tela que se ha embobinado, aproximadamente cada rollo

contiene entre 50 y 80 metros de longitud, sin embargo cuando se detecta alguna inconformidad, termina una pieza como se muestra en la figura 2.13. En este paso se crea su etiqueta la cual incluye color, longitud en metros, número de lote, código de barras, fecha de fabricación, entre otras, para después ser envuelto en plástico sellado a base de calor [26].



Figura 2.13. Empaque de telas, cortesía de Doral Tex S.A. de C.V.

Este material ya puede suministrarse directamente a un fabricante de productos textiles o a un minorista que lo vende a particulares que confeccionan prendas de vestir o ropa de casa.

REFERENCIAS

- [01] Teñido de telas, Artículo Colegio de Ciencias Agrícolas, Ana M. Biaggi, Especialista en Comunicaciones, Colaboradora Área Ropa y Textiles.
- [02] Teñido de textiles con tintes naturales, Eduardo Terrazas Mata, Taller de tintes naturales, Nayarit 2012.
- [03] Estampado textil, patrocinado por el Programa de Apoyo a Importadores, boletín técnico, 2011.
- [04] Teñido reactivo PH, el secreto, Ing. Marta Laura Fernández, artículo REIMSAC, 2012.
- [05] El proceso de teñido de telas, tendencias textiles de tintorerías Maldonado, Artículo publicado en industria textil tecnología, 2010.
- [06] McCall libro de costura, Random House: 1968: 198, 224.
- [07] La industria de la confección, sección I, Artículo publicado en industria textil tecnología, 2012.
- [08] Estudio de los tejidos, MSc. Lic. Belem Z. Iglesias Ramírez, Dra. CM Irene Rodríguez Pérez, Dpto. de Histología ICBP. 2012.
- [09] Tipo de tejidos, textiles y tipos de tejidos, artículo de Alexandra Céspedes, 2010.
- [10] Química y color en los textiles, Talleres de ciencias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UBA).
- [11] Biodegradación Anaerobia de Colorantes Azoicos Textiles usando Carbón Activado Linda V. González, Eleazar M. Escamilla. Artículos 2012.
- [12] Investigación de tintes en conservación textil, Fanny Espinoza Moraga, Carolina Araya Monasterio, 2010.
- [13] Red Textil Argentina, producción de tela, Argentina artículos 2012.
- [14] Evolución de la maquinaria de tintura de materias textiles empaquetadas por circulación de baño, Dr. J. Cegarra, colaboraciones, 2010.
- [15] Empleo de disolventes en la industria textil de tintura acabados, Prof. J. Cegarra, colaboraciones, artículo 04, 2011.
- [16] Tintura de fibras textiles, artículo publicado por Elena Llano, septiembre 2009.
- [17] Mejora de un Proceso de Teñido en una Empresa Textil, Isabel Briceño Valderrama, Gustavo Guerrero Vásquez, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC, Lima, Perú), 2013.
- [18] La industria textil y su control de calidad, Fidel Eduardo Lockuán Lavado, versión 0.1, noviembre del 2012.

- [19] Nuestra Industria Textil del Algodón, Eduardo Villaseñor, artículo 4, 2012.
- [20] Consideraciones acerca de la tintura de las fibras de poliéster, por O. A. Haffar, Asociación Venezolana de Químicos y Técnicos Textiles, 2011.
- [21] Preparación y tintura del poliéster texturizado' Dr. Ing. J. Corbonell, U. Lerch, Sández, S. A., Rosileo/ Suiza. Artículo 04.
- [22] Evaluación de parámetros de la fase de teñido en la producción de una textilera, Loredana Giuseppina María Salvo Bianco, diciembre 2009.
- [23] El tratamiento de textiles y sus repercusiones ambientales, Walters A. Santillo, Johnson P. 2008.
- [24] Acabados textiles, Xavier Bosch, Gerente de tintorería industrial, artículo pdf, 2012.
- [25] Control de calidad en textil y piel, Fondo social Europeo, 2012.
- [26] Empaques: textiles, Gabiie Nuila, artículo Prezi 2013.

CAPÍTULO 3

DISEÑO Y DESARROLLO DE SISTEMA AUTÓNOMO DE SELECCIÓN DE COLOR

3.1 INTRODUCCIÓN

Dentro del campo de la producción industrial, desde los inicios de la era industrial hasta la actualidad, la automatización ha pasado de ser una herramienta de trabajo deseable a una herramienta indispensable para competir en el mercado globalizado. Ningún empresario puede omitir la automatización de sus procesos para aumentar la calidad de sus productos, reducir los tiempos de producción, realizar tareas complejas, reducir los desperdicios o las piezas con defectos y especialmente aumentar la rentabilidad [01].

De la misma manera los circuitos eléctricos en la vida cotidiana son muy utilizados gracias al gran beneficio que proporcionan para la solución de problemas, además de ser implementados en la automatización de la ingeniería en pequeña y gran escala.

Además de tener conocimiento sobre los circuitos es importante conocer conceptos acerca de ellos como el voltaje, corriente y resistencia, pues son las cantidades básicas presentes en todos los circuitos eléctricos. El voltaje es necesario para producir corriente, y la resistencia limita la cantidad de corriente en un circuito. La relación de estas tres cantidades se describe mediante la ley de Ohm [02].

Su uso y aplicación son tan extensos en todas las disciplinas del conocimiento, por ejemplo en la medicina, investigación, seguridad, astronomía,

entre muchas más, su aplicación ha ayudado a resolver problemas, mediante la detección de errores, obtención y monitoreo de datos, envío de señales, toma de muestras, entre otras, con la finalidad de brindar una vida más cómoda para el ser humano.

El fenómeno de reflexión de luz, se encuentra dentro de las aplicaciones que pueden realizar los circuitos eléctricos, al mismo tiempo la programación tiene un papel fundamental para trabajar a la par y obtener resultados relevantes en el complemento de ambos. Para la creación del sistema autónomo de selección de color es necesario contar con la programación que identifica la sensibilidad que cada uno de los colores emite.

En este capítulo se explica el funcionamiento de los componentes que forman el circuito del sistema autónomo de selección de color, así como la programación que contiene la tarjeta *Arduino* que ayuda a monitorear las pruebas que capta el dispositivo, se utiliza este sistema de programación debido a que es fácil de manejar, está diseñado para la elaboración y experimentación de nuevos proyectos.

3.2 CALIBRACIÓN RGB

La calibración es el proceso de comparar los valores obtenidos por un instrumento de medición con la característica correspondiente de un patrón de referencia, esta operación bajo condiciones especificadas establece, en una primera etapa, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medida asociadas obtenidas a partir de los patrones de medida, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas, en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un resultado de medida a partir de una indicación [03].

Una calibración puede expresarse mediante una declaración, una función, un diagrama, una curva o una tabla de calibración como se muestra en la figura 3.1. En algunos casos puede consistir en una corrección aditiva o multiplicativa de la indicación con su incertidumbre correspondiente. Conviene no confundir la calibración con el ajuste de un sistema de medida [04].

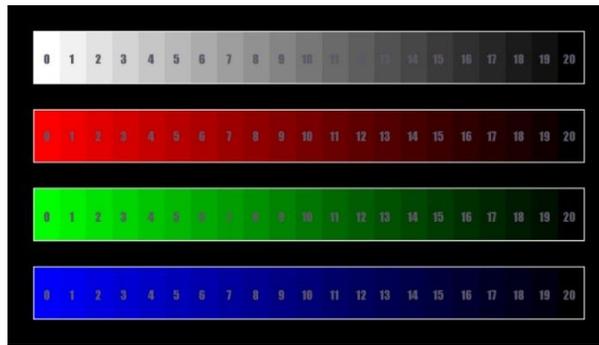


Figura 3.1. Tabla de calibración [05].

Al llevar a cabo la calibración del sistema autónomo de selección de color, dentro del circuito se encuentra el led blanco que se encarga de establecer los parámetros de medición, mientras que el led RGB únicamente toma las lecturas de los colores que se están poniendo a prueba.

Los colores RGB se comportan acorde a la intensidad de color que refleja la pieza que se está analizando, estos son los datos que se observan en nuestro monitor, de acuerdo a la calibración y las muestras los datos pueden ubicarse de distintas maneras como se muestra en la figura 3.2.

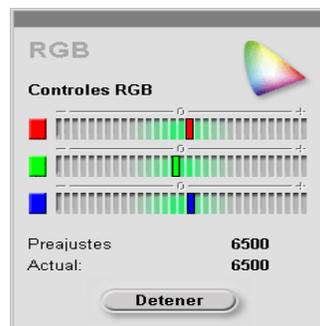


Figura 3.2. Comportamiento de los colores RGB en una medición [06].

Sin embargo al momento de efectuar una programación o una medición, se recomienda tomar como patrón de medida la *guía pantone*, pues es un sistema de control, identificación, comparación y comunicación del color para las artes gráficas, su sistema de definición cromática es el más reconocido y utilizado, de esta manera resulta más sencilla la comunicación entre cliente-diseñador, al momento de realizar un pedido de mercancía [07]. Esta guía se describe en función de la superficie que se desea utilizar, ya sea papel, plástico, textiles, diseño de interiores, entre otros.

La *guía pantone* incluye muestra de color, nombre y fórmula para obtenerlo, este sistema se creó con la finalidad de que al momento de imprimir un color sea el mismo tono, a pesar de que cambie en cada uno de los monitores donde se visualizan las muestras, como se muestra en la figura 3.3.

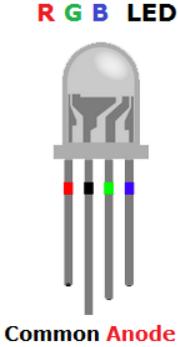


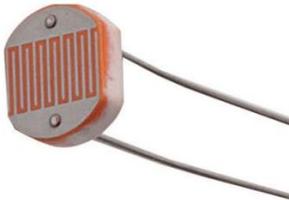
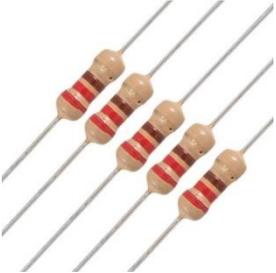
Figura 3.3. Muestras de la guía Pantone [08].

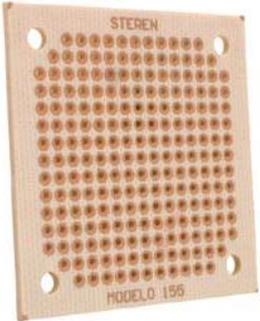
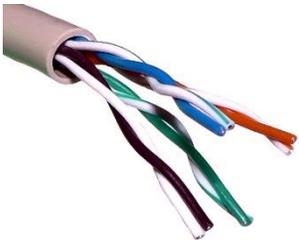
3.3 ELEMENTOS QUE COMPONEN EL SISTEMA AUTÓNOMO DE SELECCIÓN DE COLOR

La reflexión de la luz es el cambio de dirección que experimenta cuando incide en una superficie que separa dos medios, volviendo al mismo por donde viajaba [09]. Con la finalidad de monitorear la reflexión de la luz, el circuito eléctrico del sistema autónomo de selección de color cuenta con los elementos de la tabla 3.1.

Tabla 3.1.
Elementos que forman el sistema [10, 11, 12].

ELEMENTOS	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
<p>1 Placa Arduino (Uno)</p>	<p>Está formada por un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios.</p>	
<p>1 Led RGB (Ánodo Común)</p>	<p>Son tres leds en un mismo empaque, están compuestos de colores: rojo (Red), verde (Green) y azul (Blue), al variar la intensidad de corriente de cada uno permiten hacer en teoría toda la gama de colores hasta el blanco que es la suma de los tres.</p>	
<p>1 Led blanco</p>	<p>Es un componente opto electrónico pasivo, un diodo que emite luz.</p>	

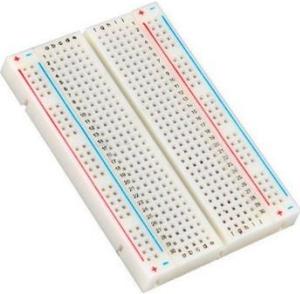
<p>1 Fotorresistencia (DHT11)</p>	<p>Componente electrónico, formado por una célula o celda cuya resistencia disminuye con el aumento de intensidad de luz incidente.</p>	
<p>1 Potenciómetro (5 kΩ)</p>	<p>Es uno de los dos usos que posee la resistencia variable mecánica, según la potencia que disipe en su funcionamiento, como regulador de tensión, así debe ser la potencia de la resistencia a utilizar.</p>	
<p>1 Resistencia (1 kΩ)</p>	<p>Componente electrónico diseñado para introducir una resistencia eléctrica determinada entre dos puntos de un circuito eléctrico. Las resistencias de 1kΩ se utilizan en la conexión a las entradas de la tarjeta.</p>	
<p>4 Resistencias (220 Ω)</p>	<p>La resistencia que se debe ocupar para encender el led y no sobrecargarlo debe estar alrededor de 200Ω, éstas conectadas a la salida de la tarjeta.</p>	
<p>1 Push-button</p>	<p>Es un simple mecanismo <i>switch</i> para controlar algunos aspectos de una máquina o un proceso.</p>	

<p>1 Tabla fenólica</p>	<p>Son placas por lo general de cobre, se componen de dos caras, una de ellas contiene un aislante para que al fundirla en ácido ferroso, separe las pistas de cobre. El aislante puede ser silicona, fibra de vidrio, entre otros.</p>	
<p>Alambre para conexiones UTP</p>	<p>Es un cordón que está resguardado por algún recubrimiento, permite conducir electricidad o distintos tipos de señales. Los cables suelen estar confeccionados con aluminio o cobre.</p>	
<p>Cable jumper wire</p>	<p>Son cables que se utilizan en la conexión a la tarjeta Arduino, gracias a las puntas de cobre permiten un contacto más fácil y seguro.</p>	

Con la finalidad de realizar un trabajo seguro, confiable y que cumpla con las características para el logro de los objetivos, es necesario el uso de material que contribuye al funcionamiento adecuado de un circuito eléctrico. En la siguiente tabla se encuentra el equipo utilizado.

Tabla 3.2.

Equipo auxiliar en la elaboración del sistema autónomo de selección de color [13, 14].

EQUIPO UTILIZADO	CARACTERÍSTICAS	IMAGEN
Voltímetro	Es un instrumento que sirve para medir la diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito eléctrico.	
Computadora con Arduino	Arduino puede tomar información del entorno a través de sus entradas analógicas y digitales, puede controlar luces, motores y otros actuadores, gracias a su lenguaje de programación.	
Protoboard	Es un tablero con orificios que se encuentran conectados eléctricamente entre sí de manera interna, habitualmente siguiendo patrones de líneas, en el cual se pueden insertar componentes electrónicos.	
Cinta aislante	Es un tipo de cinta adhesiva de presión usada principalmente para aislar empalmes de hilos y cables eléctricos.	

<p>Cautín y soldadura</p>	<p>Es una herramienta eléctrica usada para soldar, convirtiendo la energía eléctrica en calor, para fusionar el material utilizado en la soldadura, por ejemplo estaño.</p>	
<p>Cutter</p>	<p>Instrumento cortador formado por una cuchilla larga retráctil dentro de una funda de plástico.</p>	

3.4 DIAGRAMA

A continuación en la figura 3.4, se muestra el diagrama que conforma las conexiones del Sistema autónomo de selección de color, elaborado con ayuda del programa *Autodesk 123D Circuits*.

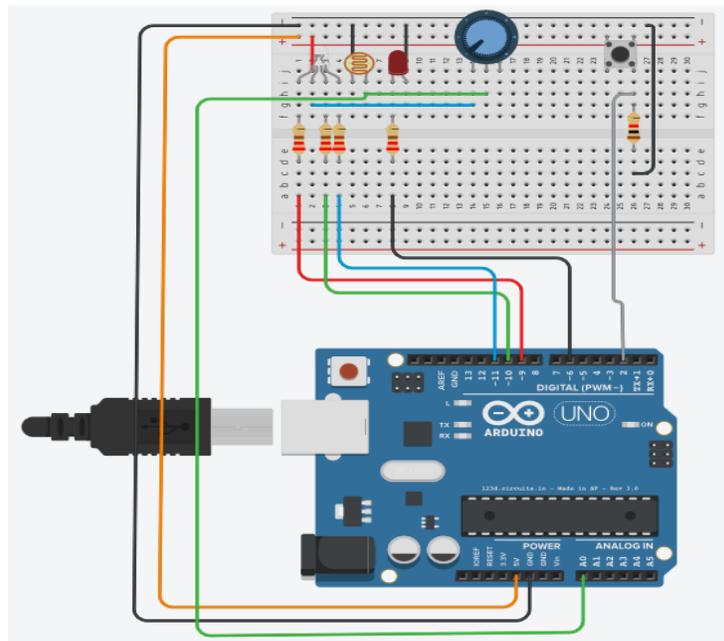


Figura 3.4. Interfaz de la tarjeta Arduino conectada a los componentes del circuito.

3.5 ARMADO DEL PROTOTIPO

El sistema autónomo de selección de color, inicia su armado mediante la reunión de todos los componentes que forman el circuito, conectándolos en la tabla de conexiones protoboard, dentro de estas conexiones no importa la ubicación de la fotoresistencia y los dos led, ya que únicamente se realiza la prueba de funcionalidad, mediante la tarjeta *Arduino* conectada a un ordenador se realiza la programación para controlar los componentes, como se muestra en las figuras 3.5 y 3.6.

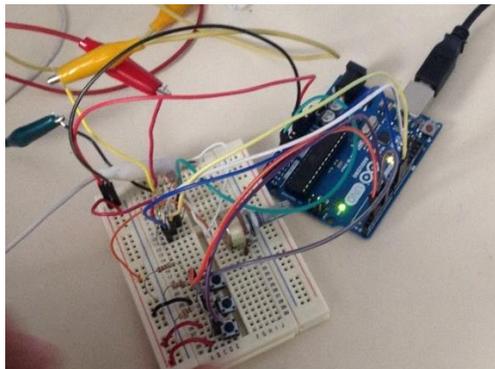


Figura 3.5. Inicio de conexiones en la tabla de pruebas protoboard.

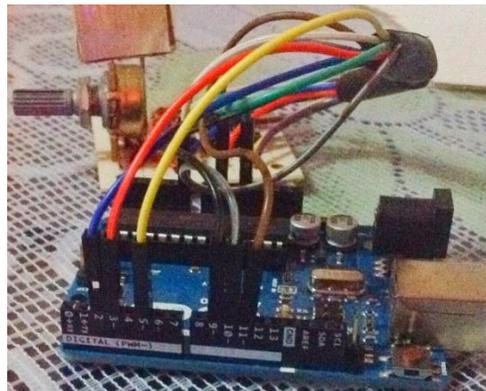


Figura 3.6. Conexiones de prueba de la tarjeta *Arduino*.

Quando las conexiones funcionan correctamente y tanto la fotoresistencia como los led principalmente comienzan a enviar señales, es un indicador de que el circuito eléctrico está conectado de forma adecuada, por lo tanto ya se puede soldar en la base donde permanecerá para ser montado en la estructura final.

En la imagen 3.7 se muestra la base de los conectores que unirán a la fotoresistencia y los led, para después entrar a la estructura final donde tomaran las muestras de las tonalidades de color, en esta parte están listos para iniciar el proceso de ser soldados.



Figura 3.7. Cable UTP montado a la base y listo para soldar.

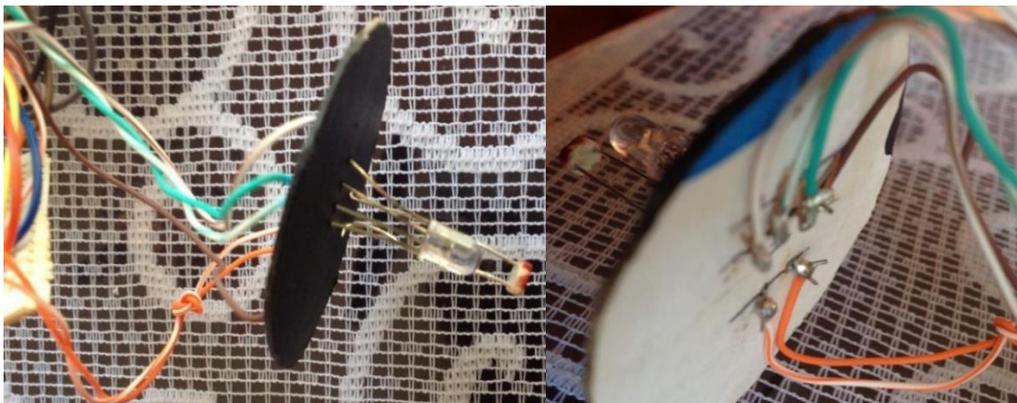


Figura 3.8. Fotoresistencia y led conectados listos para entrar a la estructura final.

Otra de las secciones del circuito eléctrico es la tabla fenólica, aquí se ubican el potenciómetro y todas las resistencias que serán parte del circuito, la forma de la tablilla se adaptó con la finalidad de poder ser colocada dentro de la estructura final como se muestra en la figura 3.9.

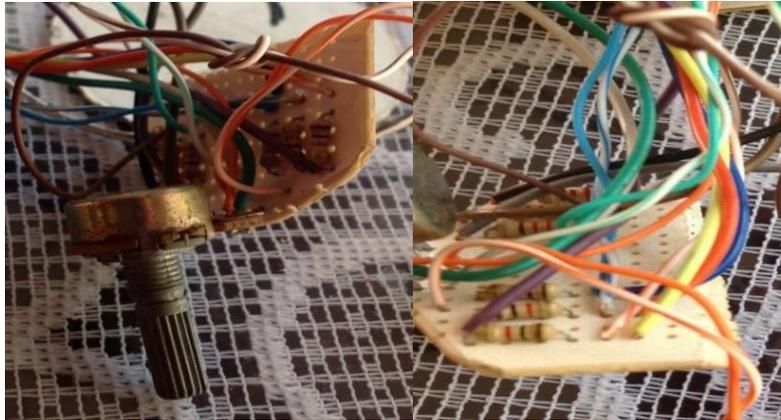


Figura 3.9. Resistencias conectadas a los componentes del circuito eléctrico.

Para la tarjeta se diseñó una base al interior de la estructura, tomando en cuenta que la entrada para el cable USB debe ser visible al momento de cerrar el empaque.

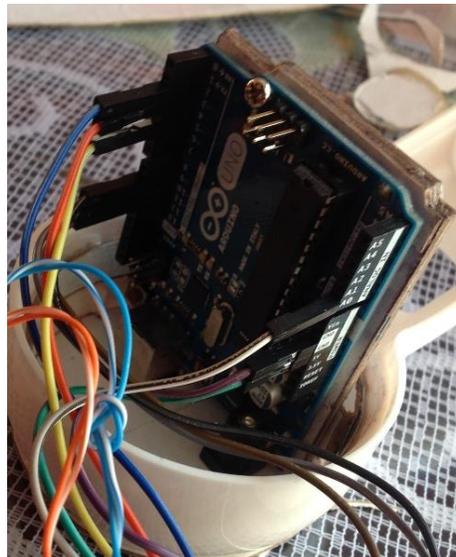


Figura 3.10. Tarjeta *Arduino* fija en el interior de la estructura.

En la figura 3.11 se muestra el proceso de soldar, uniendo cuidadosamente los cables a los componentes eléctricos de la tabla fenólica.

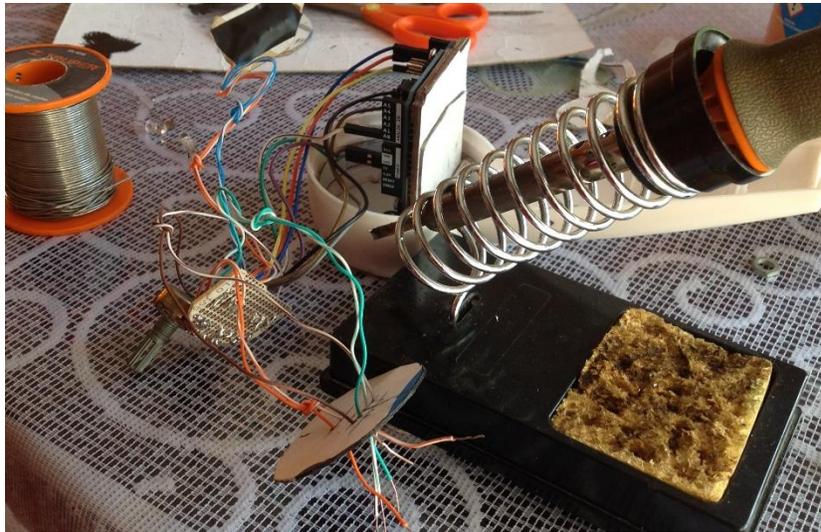


Figura 3.11. Proceso de soldar cables a la tabla fenólica.

Todas las piezas del circuito eléctrico se ubicaron considerando que es un ensamble, por lo tanto ingresan a su empaque sin ser forzados, como se muestra en la figura 3.12.

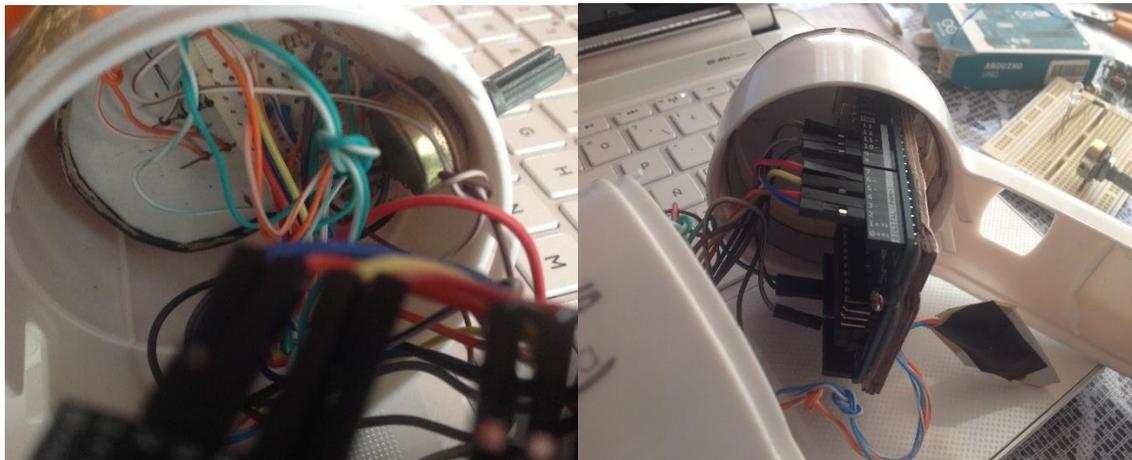


Figura 3.12. Ambas partes del empaque final listas para ser ensambladas.

El empaque donde se ubican los led y la fotoresistencia, está diseñado para evitar la entrada de luz al momento de realizar una muestra, como se observa en la figura 3.13.



Figura 3.13. Parte frontal donde se toman las muestras de color.



Figura 3.14. Entrada a la tarjeta Arduino, donde se introducen los programas a ejecutar.



Figura 3.15. Estructura final del sistema autónomo de selección de color.

En el diseño del sistema autónomo de selección de color, todo el circuito se encuentra dentro de su empaque, dejando a la vista los elementos que ayudan a realizar su aplicación, como son la sección de toma de muestra, el push-button que envía la señal, la entrada de la tarjeta *Arduino* y la graduación de sensibilidad del potenciómetro.

3.6 PROGRAMACIÓN DE LA TARJETA ARDUINO UNO

Arduino es una placa con un microcontrolador de la marca Atmel y con todos los circuitos de soporte, que incluye, reguladores de tensión, un puerto USB conectado a un módulo adaptador USB-Serie que permite programar el microcontrolador desde cualquier PC de manera cómoda, también realiza pruebas de comunicación con el propio chip [15].

Un *Arduino* dispone de 14 pines que pueden configurarse como entrada o salida y a los que puede conectarse cualquier dispositivo que sea capaz de transmitir o recibir señales digitales de 0 y 5V, también dispone de entradas y salidas analógicas, mediante estas entradas se pueden obtener datos de sensores en forma de variaciones continuas de un voltaje [16].

El microcontrolador en la placa *Arduino* se programa mediante el lenguaje de programación *Arduino*, una vez instalado puede ejecutarse sin necesidad de conectar a un ordenador, es ideal para educadores, diseñadores o cualquiera interesado en la electrónica y robótica [17].

Con *Arduino* se pueden desarrollar múltiples proyectos, obtiene información del entorno a través de sus entradas analógicas digitales, para controlar luces, motores y otros actuadores, puede ser utilizado para desarrollar objetos interactivos autónomos, las placas se pueden montar a mano en las estructuras que se requiera utilizar [18].

El código de programación para el funcionamiento del sistema autónomo de selección de color se lleva a cabo en la pantalla de *Arduino* después de varias pruebas, con la finalidad de especificar las conexiones de los pines, el momento de calibración de la luz, el tiempo y la forma de ver las lecturas de los datos analizados.

Cuando la programación se encuentra establecida de forma satisfactoria, se carga a la tarjeta y se observan las mediciones en el monitor serial de la misma pantalla, realizando algunos ensayos se efectúan las correcciones necesarias para asegurar el funcionamiento correcto, el código se muestra a continuación:

Código de programación elaborado en *Arduino*.

```
int Rojo = 9; int Verde=10; int Azul=11; int Blanco=6; int boton=2; int foto=0;
int tim=500;
int vB=0;
int vN=0;
int vR=0;
int vV=0;
int vA=0;

void setup() {Serial.begin(9600); pinMode(boton, INPUT); pinMode(Rojo,OUTPUT);
pinMode(Verde,OUTPUT); pinMode(Azul,OUTPUT); }

void loop() {

if (digitalRead(boton)==HIGH){ // Boton oprimido

    analogWrite(Blanco,255); delay(tim); Serial.print("Blanco "); vB =
analogRead(foto); Serial.println(vB); analogWrite(Blanco,0);//Blanco
    F1(0,0,0);          delay(tim); Serial.print("Negro  "); vN = analogRead(foto); Serial.println(vN); //Negro
    F1(255,0,0);        delay(tim); Serial.print("Rojo   "); vR = analogRead(foto); Serial.println(vR); //Rojo
    F1(0,255,0);        delay(tim); Serial.print("Verde  "); vV = analogRead(foto); Serial.println(vV); //Verde
    F1(0,0,255);        delay(tim); Serial.print("Azul   "); vA = analogRead(foto); Serial.println(vA); //Azul

Serial.println("-----");
} //end del if

else {F1(0,0,0);      delay(50);} } //Boton sin oprimir Apagar led

void F1(int r, int v, int a){
    analogWrite(Rojo, 255-r); //Escritura de PWM de F1 Rojo
    analogWrite(Verde, 255-v); //Escritura de PWM de F1 Verde
    analogWrite(Azul, 255-a); //Escritura de PWM de F1 Azul
}
```

En el capítulo siguiente se muestran los resultados aplicados a telas con diversas gamas de colores.

REFERENCIAS

- [01] Automatización industrial: áreas de aplicación para ingeniería, Ing. Carlos Ruedas Escobar, Facultad de Ingeniería - Universidad Rafael Landívar, 2011.
- [02] Principio de circuitos eléctricos, octava edición, Thomas L. Floyd, México, 2007.
- [03] Metrología y calibración de variables de control utilizadas en sistemas navales e industriales, Jordi Chiva Boix, Director: Pau Casals Torrens, Facultad de Náutica de Barcelona, Marzo 2014.
- [04] Procedimiento de calibración, procedimiento DI-010 para la calibración de compradores mecánicos, gobierno de España, ministerio de industria, energía y turismo, 2010.
- [05] Aplicación de colorimetría para corrección de imágenes, Andrés García Corbato, Junio 2015.
- [06] RGB Color Calibration for Quantitative Image Analysis: The “3D Thin-Plate Spline” Warping Approach Paolo Menesatti , Claudio Angelini , Federico Pallottino, Francesca Antonucci, Jacopo Aguzzi and Corrado Costa, 2012.
- [07] Diseño y construcción de una máquina para calibración de reglas de alta exactitud, Sergio Padilla O. y Benjamín Valera O., Centro de Instrumentos UNAM, 2010.
- [08] It´s what we do, Fetch branding, color me fetch, Meeting and events, Digital service, PDF.
- [09] Reflexión y refracción, Profesor Jesús Hernández Trujillo, Facultad de química UNAM, 2010.
- [10] Fundamentos de electrónica, circuitos y dispositivos electrónicos, Lluís Prat Viñas, editorial UPC, 2011.
- [11] Tecnología y componentes electrónicos y fotónicos, Libro de prácticas, Alejandro Carvallar Rincón, Joaquín Granado Romero, 2010.
- [12] Teoría de circuitos eléctricos, compendio de electrónica, sexta edición, 2010.
- [13] Sistemas y componentes eléctricos, producciones comerciales toro, 2009.
- [14] Montaje y soldadura de componentes, Curso práctico de electrónica moderna, CEKIT.
- [15] Programación en C para Arduino, preparado por Gabriel Astudillo Muños, Escuela de Ingeniería Civil Informática, Universidad de Valparaíso, 2014.
- [16] Control por Computador, manual de Arduino, Jorge Pomares Baeza, Grupo de Innovación Educativa en Automática, 2012.
- [17] Características técnicas del ARDUINO UNO, Gobierno de Canarias, medusa, 2013.
- [18] Plataforma Arduino (Hardware) 2, artículo plataforma hardware, 2010.

CAPÍTULO 4

IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS

4.1 INTRODUCCIÓN

La implementación es la suma de actividades y opciones requeridas para ejecutar un plan estratégico, es “cuando comienza la acción de verdad”. Es el proceso por medio del cual los objetivos, las estrategias y las políticas se ejecutan a través del desarrollo de programas, presupuestos y procedimientos. Aunque la implementación se contempla generalmente después de que la estrategia ha sido formulada constituye una parte clave, por ello, su formulación se debe considerar como los dos lados de la misma moneda.

Una implementación deficiente es responsable de muchos fracasos estratégicos [01].

La ejecución es la etapa donde se materializan los aspectos descritos en el estudio técnico en especial, pero soportado en la organización para la implementación del proyecto y en la financiación del mismo. Para realizar la ejecución es necesario desarrollar una gestión que facilite su terminación y lo deje listo para la iniciación o puesta en marcha (inicio de operaciones) [02].

Por este motivo se considera que la implementación es uno de los puntos más importantes para llevar a cabo la aplicación y toma de muestras del sistema autónomo de selección de color, con la finalidad de justificar el funcionamiento propicio para la solución de problemas que en un inicio se planteó.

La implementación y justificación de los resultados son dos elementos que funcionan a la par, ambos para mostrar en forma clara las bondades y ventajas de

la ejecución de un proyecto para resolver un problema, necesidad u oportunidad, en beneficio de una persona, grupo o comunidad [03].

Para llegar a comprender la relación causal no basta medir determinados cambios en una actividad, una zona o un grupo determinado. Es preciso demostrar también por algún proceso lógico, que esos cambios guardan relación con las operaciones realizadas en el curso del proyecto de desarrollo o que resultan de éstas.

La comparación de los resultados de los proyectos cuyos objetivos son los mismos y cuyas actividades son, en general semejantes, permite determinar el grado de la eficacia de las actividades realizadas, para esto puede recurrirse a métodos estadísticos perfeccionados, uno de esos métodos es la representación gráfica [04].

Además de llevar a cabo la medición de los diferentes casos a analizar, se busca que estos sean similares a la realidad, es decir que las gráficas indiquen datos coincidentes con las pruebas que se están realizando.

4.2 IMPLEMENTACIÓN

La tela que se utilizó para llevar a cabo las muestras, está compuesta por 65% poliéster y 35% algodón, elaborada con los procesos correspondientes de tejido, teñido, planchado y acabados. Se utilizaron cuatro colores con diferentes tonalidades cada uno, además de los colores blanco y negro, con la finalidad de observar el funcionamiento del sistema autónomo de selección de color en diferentes casos, gracias a su tejido cruzado esta tela es muy resistente, tiene una textura suave, ligera, delgada y versátil, estas características son muy requeridas en la fabricación de prendas de vestir como pantalones y faldas.

Los colores y características utilizados para llevar a cabo las muestras se han seleccionado en base a que presentan mayor defecto en la compatibilidad de sus tonalidades, los casos se muestran en la figura 4.1:



Figura 4.1. Muestras de colores a analizar.

CASO 1: Se utilizan tres tonalidades diferentes de color beige, se identifica cada tela al azar con la finalidad de comprobar si la prueba ha sido eficiente al finalizar la prueba, en este color las variaciones son muy sensibles por lo que se desea estudiar cuál es ese porcentaje, establecer una escala de compatibilidad y conocer si es satisfactorio para la fabricación de prendas.

CASO 2: Se analiza el color azul marino utilizando cinco tonalidades diferentes, para esta prueba se estudia un número mayor, pues las variaciones de fabricación son más grandes, aquí se desea conocer si entre las variaciones de tonos existen algunos similares, o que puedan ser maquilados entre sí.

CASO 3: En el tercer caso se analiza el color verde botella, se identifican y se ponen a prueba cinco tonalidades, este es uno de los colores que muestra una variación

sensible pero que al final del proceso es muy notoria, debido a que es un color oscuro implica una dificultad de observarlo a simple vista, por lo cual la aplicación del sistema autónomo de selección de color hará una clasificación más precisa.

CASO 4: En el último caso se utiliza el color vino, realizando cuatro pruebas, además de analizar la variación de tonos entre ellos, se desea conocer el comportamiento de los distintos colores en una gráfica general, esto con la finalidad de observar si las mediciones de nuestro sistema autónomo de selección de color grafica de forma agrupada las muestras de cada uno.

4.2.1 CONDICIONES DE MEDICIÓN

Al momento de realizar la toma de muestras es importante saber si nuestro dispositivo está listo para llevar a cabo su función, cerciorarse de que el programa está instalado de forma correcta y que la rutina a realizar está bien establecida.

Gracias a la composición de la estructura final del sistema autónomo de selección de color no importa en qué momento del día se está realizando la prueba, mucho menos la temperatura, pues los componentes que se encargan de leer la intensidad de los colores están resguardados en una empaque que impide el paso de la luz del exterior.

Sin embargo cuando se lleva a cabo una muestra la tela debe estar ubicada sobre una superficie oscura que no emita luz reflejante, una textura lisa, con un poco de suavidad para adaptarse a la presión del dispositivo y así evitar la entrada de luz, como se muestra en la figura 4.2.



Figura 4.2. Forma correcta de realizar una muestra de tonalidad en una tela.

Cuando se llevan a cabo varias muestras de un mismo color, o se requiere obtener una comprobación de dichas muestras es muy importante tener en cuenta que las condiciones deben ser las mismas para estos casos, de lo contrario las mediciones no serán las correctas. La superficie donde se coloca la tela y la sensibilidad de lectura del dispositivo controlada mediante el potenciómetro deben ser iguales para llevar a cabo una comparación entre varias muestras del mismo color.

Si se desea analizar un color diferente, puede cambiar la superficie y el grado de sensibilidad, siempre y cuando estos sean utilizados en las mismas muestras.

Dentro de una industria textil el sistema autónomo de selección de color realizará una función de mucha importancia, pues los problemas que se tienen sobre la distinción de tonalidad, ahora se analizarán y comprobarán mediante datos registrados por el dispositivo.

4.3 MEDICIONES Y GRÁFICAS

En la ingeniería existen técnicas de diagnóstico indispensables para el análisis de datos, dos de ellas son mediciones y gráficas, pues muestran la información de manera organizada y fácil de leer, con la finalidad de obtener una visión general del problema que se está analizando, tomando en cuenta límites máximos y mínimos, así como comparaciones o detectar situaciones que afectan de forma adversa la calidad de los productos [05].

Cuando el sistema autónomo de selección de color ha sido programado con las características específicas, conectado y colocado dentro de su estructura final, está listo para realizar las pruebas de funcionalidad, por lo tanto se identifican las distintas tonalidades en las telas, para finalmente graficar los resultados y analizar sus variaciones, como se muestran en la figura 4.3.



Figura 4.3. Identificación de tela para muestras.

Por cada tonalidad de tela se tomaron tres muestras, los números de las tablas se comportan de acuerdo al color que se mide y como los capta el led, las lecturas de los datos obtenidos se muestran de acuerdo al led RGB, es decir lo que mide el rojo (R), verde (V) y azul (A), cada tonalidad tiene el promedio de acuerdo a las muestras por color, los resultados son los siguientes:

Color beige

Tono	Muestra 1			Muestra 2			Muestra 3			PROMEDIO		
	R	V	A	R	V	A	R	V	A	R	V	A
T1	444	511	641	444	511	642	443	511	642	443.6	511.0	641.6
T2	443	508	641	443	510	642	443	508	641	443.0	508.6	641.3
T3	445	508	637	445	508	637	445	507	637	445.0	507.6	637.0

La gráfica de promedios se muestra en la figura 4.4.

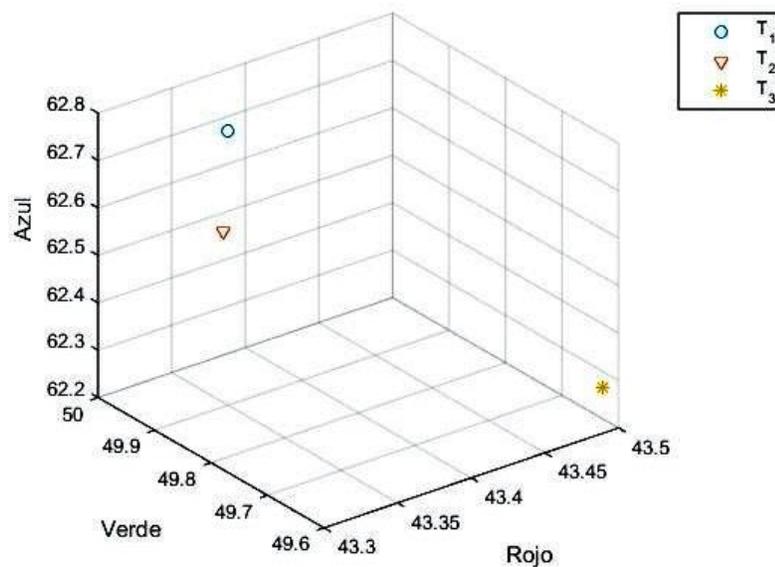


Figura 4.4. Gráfica de muestras para el color beige.

La gráfica indica que el tono 1 y 2 muestran mayor similitud, mientras que el tono 3 es diferente a ambos. La variación entre los tonos equivalentes se observa en los decimales y dos enteros para el color verde.

Color azul marino

Tono	Muestra 1			Muestra 2			Muestra 3			PROMEDIO		
	R	V	A	R	V	A	R	V	A	R	V	A
T1	591	683	794	591	683	794	591	683	794	591.0	683.0	794.0
T2	595	694	802	595	694	802	594	694	802	594.6	694.0	802.0
T3	595	694	804	595	694	804	594	694	803	594.6	694.0	803.6
T4	598	692	804	598	692	803	598	691	803	598.0	691.6	803.3
T5	599	699	808	599	698	808	599	698	808	599.0	698.3	808.0

Al realizar la gráfica de promedios por cada tonalidad en *Matlab* se obtuvieron los siguientes resultados que se muestran en la figura 4.5.

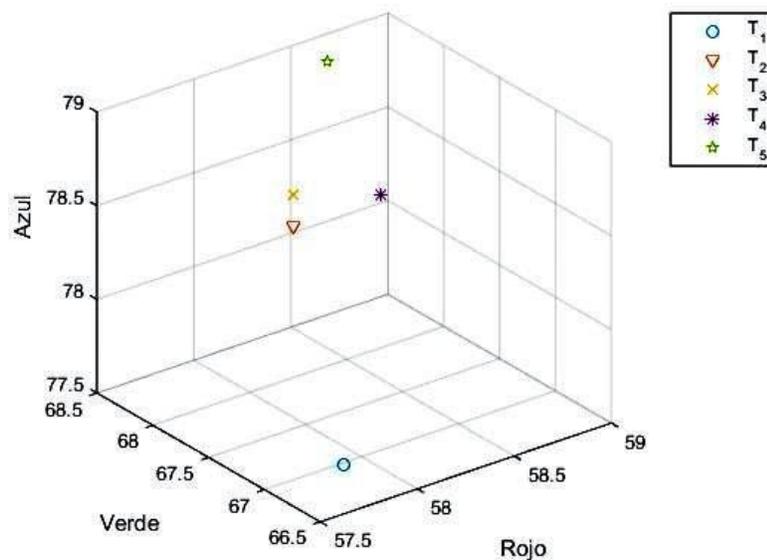


Figura 4.5. Gráfica de muestras para el color azul marino.

Para este análisis se observa que la tonalidad 2 y 3 son muy parecidas, el tono 4 se aproxima a ellos, sin embargo el tono 1 y 5 son los más diferentes, no coinciden con alguno. Al observar la variación en la tabla entre los tonos similares indica que únicamente cambia 1.6 en el color azul.

Color verde botella

Tono	Muestra 1			Muestra 2			Muestra 3			PROMEDIO		
	R	V	A	R	V	A	R	V	A	R	V	A
T1	588	656	788	588	656	788	588	656	788	588.0	656.0	788.0
T2	584	650	785	583	650	784	584	650	784	583.6	650.0	784.3
T3	579	638	775	579	637	774	579	637	775	579.0	637.3	774.6
T4	581	644	778	580	644	778	581	644	777	580.6	644.0	777.6
T5	579	640	774	579	640	773	579	640	774	579.0	640.0	773.6

La gráfica de promedio se muestra en la figura 4.6.

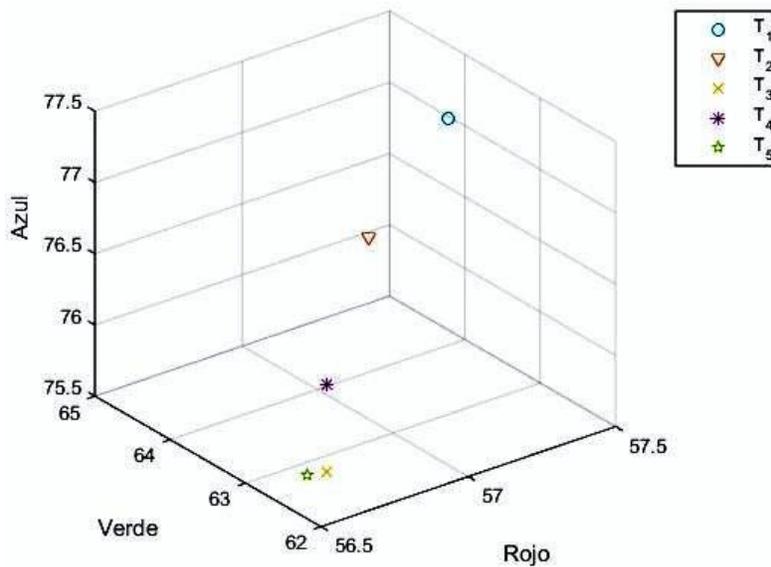


Figura 4.6. Gráfica de muestras para el color verde botella.

De acuerdo a la gráfica se observa que el tono 3 y 5 muestran mayor similitud entre sí, mientras que la tonalidad 1, 2 y 4 son más diferentes que éstas, además de ser desiguales entre ellas mismas. Los números en la tabla entre el tono 3 y 5, indican una diferencia de 2.7 en el color verde, una diferencia menor en el color azul y el mismo valor en rojo.

Color vino

Tono	Muestra 1			Muestra 2			Muestra 3			PROMEDIO		
	R	V	A	R	V	A	R	V	A	R	V	A
T1	557	689	810	557	689	810	557	689	810	557.0	689.0	810.0
T2	546	683	808	546	683	808	546	683	808	546.0	683.0	808.0
T3	553	688	809	553	688	808	553	688	808	553.0	688.0	808.3
T4	554	691	813	554	691	813	554	691	812	554.0	691.0	812.6

La gráfica de los promedios se muestra en la figura 4.7.

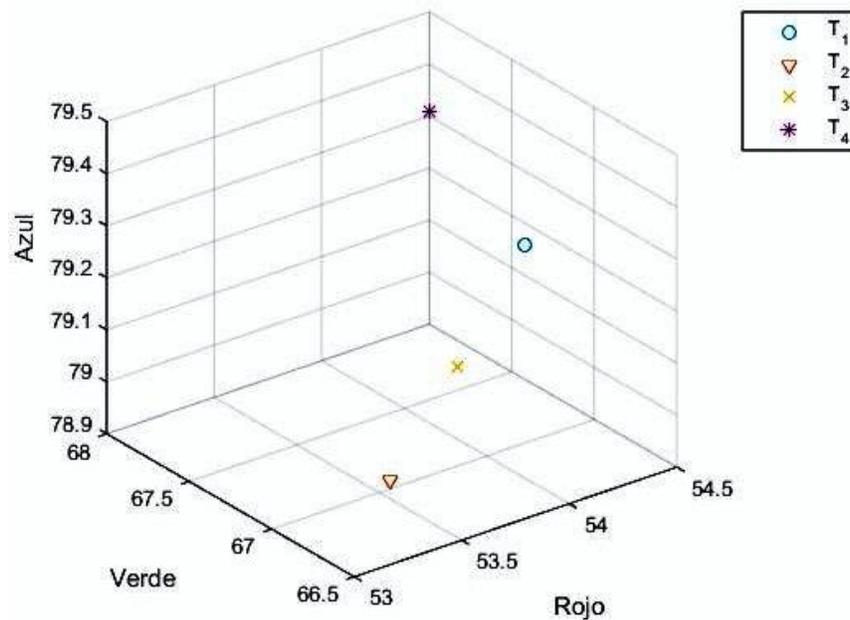


Figura 4.7. Gráfica de muestras para el color vino.

Para el último caso nos indica que ninguna de las muestras presenta similitud entre ellas. En la tabla de valores se observa que los números son muy distintos entre sí.

En *matlab* también se realizó la gráfica de promedios de todas las muestras, con la finalidad de observar el comportamiento de los colores en la gráfica RGB, los colores se acomodaron en grupos de acuerdo a cada uno de los colores que se analizaron, como se muestra en la figura 4.8.

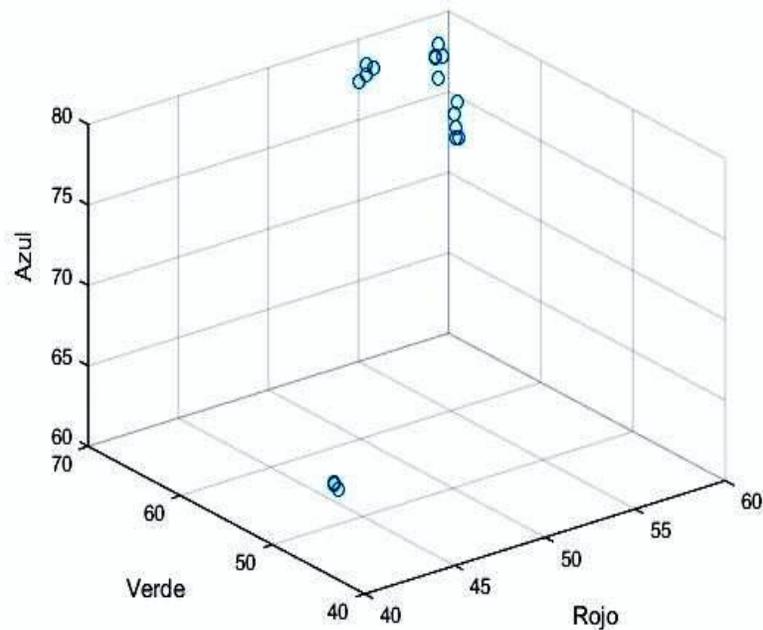


Figura 4.8. Gráfica de las cuatro muestras que se analizaron.

Las agrupaciones que se observan representan cada uno de los casos de las muestras, si se llevan a cabo otras pruebas de diferentes colores, éstas se comienzan a distribuir por distintos lugares de la gráfica dependiendo la composición de sus colores y su intensidad.

Con la finalidad de justificar el funcionamiento del sistema autónomo de selección de color en distintas situaciones, se llevó a cabo el análisis para el color blanco y negro, se utilizaron tres muestras para cada uno, los resultados se muestran a continuación.

Color blanco

Tono	Muestra 1			Muestra 2			Muestra 3			PROMEDIO		
	R	V	A	R	V	A	R	V	A	R	V	A
T1	334	351	516	334	351	517	334	351	517	334.0	351.0	516.6
T2	369	404	489	369	404	489	369	404	488	369.0	404.0	488.6
T3	345	382	460	345	382	459	345	381	459	345.0	381.6	459.3

La gráfica de los promedios se muestra en la figura 4.9.

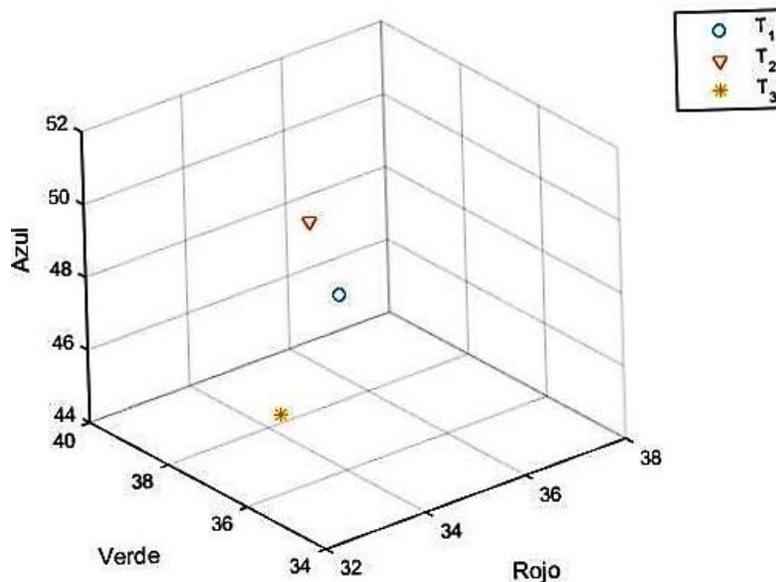


Figura 4.9. Gráfica de muestras para el color blanco.

La gráfica indica que las tres muestras son diferentes entre sí, sin embargo los valores obtenidos son muy bajos en comparación con los obtenidos en cada uno de los colores anteriores.

Color negro

Tono	Muestra 1			Muestra 2			Muestra 3			PROMEDIO		
	R	V	A	R	V	A	R	V	A	R	V	A
T1	644	723	844	644	723	844	643	722	843	643.6	722.6	843.6
T2	632	704	832	632	704	832	631	704	832	631.6	704.0	832.0
T3	638	706	828	637	707	828	637	706	828	637.3	706.3	828.0

La gráfica de promedios se muestra en la figura 4.10.

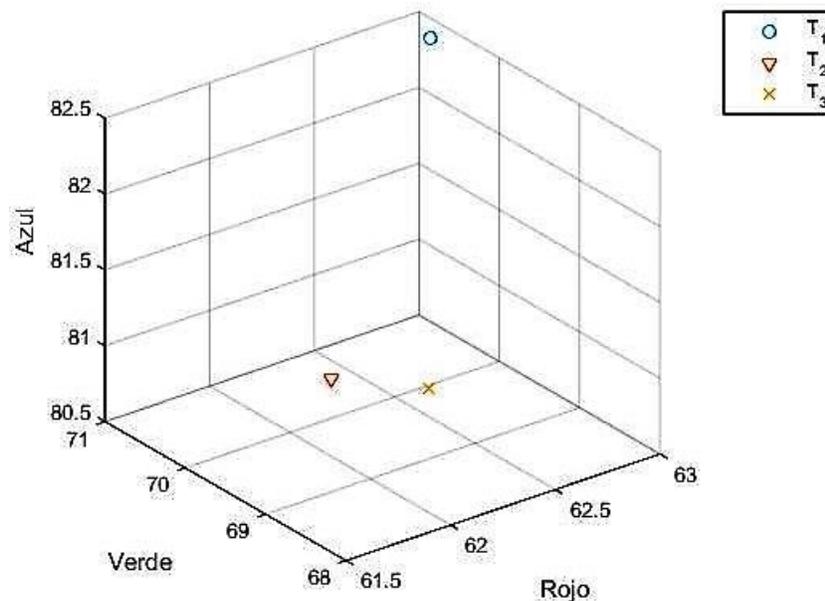


Figura 4.10. Gráfica de muestras para el color negro.

La gráfica indica que los tonos 2 y 3 son los más parecidos entre sí, no obstante esa similitud no es suficiente para relacionarlos en un proceso de fabricación. Ahora en este caso los valores obtenidos son muy altos comparados con los anteriores.

4.4 COSTOS

Los costos estimados para la construcción de un sistema autónomo de selección de color como el que se propone en este trabajo se presentan en las tablas 4.1, 4.2 y 4.3.

Tabla 4.1.

Costos estimados para la construcción de un sistema autónomo de selección de color.

ARTÍCULO	COSTO
Tarjeta Arduino Uno	\$ 350.00
Estructura o empaque	\$ 100.00
Leds	\$ 10.00
Potenciómetro	\$ 5.00
Fotorresistencia	\$ 3.00
Resistencias	\$ 5.00
Cable	\$ 10.00
Push-button	\$ 5.00
Tabla fenólica	\$ 10.00
Materiales auxiliares	\$ 50.00
TOTAL	\$ 548.00

Tabla 4.2.

Costo de materiales auxiliares.

ARTÍCULO	COSTO
Computadora	\$ 5,000.00
Etiquetas de verificación	\$ 500.00
TOTAL	\$ 5,500.00

Cuando el material no cumple con los requerimientos es rechazado y se generan gastos muy elevados, algunos de ellos se presentan en la tabla 4.3 (cortesía de Doral Tex S.A. de C.V.):

Tabla 4.3.

Costos por devolución de material al proveedor.

ACCIONES	COSTO
Transporte	* \$ 3,500.00
Mano de obra	\$ 4,000.00
Proceso de teñido	\$ 14,000.00
Proceso de planchado	\$ 12,000.00
Proceso de empaque	\$ 4,000.00
Materiales utilizado	\$ 5,000.00
TOTAL	\$ 42,500.00

**El costo de transporte es un promedio de acuerdo a los lugares de mayor demanda que se realizan en el centro del país.*

La reducción de costos incurridos para evitar discrepancias y desperdicios debido al incumplimiento de la tonalidad del color en la tela requerido por los clientes es una forma de cuantificarlo, sin embargo, también es necesario mencionar que con la reducción de índices de rechazo en las telas, el personal encargado de la operación puede disponer de tiempo suficiente para revisar los procesos de entrega con los clientes, anticipar sus necesidades, hacer visitas a sus establecimientos para conocer de primera mano sus requerimientos y con ello establecer mejores relaciones de comunicación, encaminados a recibir propuestas de mejora para perfeccionar la calidad de las telas.

4.5 CONCLUSIONES

Una de las características principales para analizar en la implementación fue la sensibilidad del sistema autónomo de selección de color, algunas de las muestras presentan una tonalidad similar, el propósito fue saber si el dispositivo era capaz de detectarlo. Gracias a la implementación de las gráficas permite analizar el grado de diferencia que presentan dichas pruebas.

Para comprobar la fiabilidad del sistema autónomo de selección de color se midieron nuevamente muestras al azar que ya se habían analizado, los resultados fueron casi exactos, este es un indicador de que las pruebas que se realizan una y otra vez mostrarán resultados similares, pues detecta que los tonos son los propios.

Teniendo este dato como base se justifica la aplicación del proyecto dentro de la industria textil, pues el grado de sensibilidad es de suma importancia para monitorear los datos de la materia prima y darles seguimiento hasta la entrega del producto terminado.

Gracias a la implementación de los colores blanco y negro, se observa que éstos establecen los valores máximos y mínimos donde deben ubicarse toda la

gama de colores existentes, en la tabulación de los valores de cada color se observa que las muestras se ubican entre los rangos del color blanco y negro.

Con ayuda de la implementación nos indica que en los tonos similares únicamente cambia en su color base, mientras que en los dos restantes la variación es mínima, como se muestra en la figura 4.11, donde se analiza el color azul marino, se muestra la similitud entre el tono 2 y 3, su color base (azul) varía 1.6 y tanto en el rojo como en el verde no cambia, esa homogeneidad se observa a simple vista.

Tono	R	V	A
1	591.0	683.0	794.0
2	594.6	694.0	802.0
3	594.6	694.0	803.6
4	598.0	691.6	803.3
5	599.0	698.3	808.0

Figura 4.11. Análisis del color azul marino.

En la figura 4.12 se muestra el análisis del color beige, el tono 1 y 2 muestran similitud en la gráfica, sin embargo la mayor diferencia se muestra en el color verde (color base) y en los colores rojo y azul es mínima, pero a simple vista se observa que esa tonalidad no es igual.

TONO	R	V	A
1	443.6	511.0	641.6
2	443.0	508.6	641.3
3	445.0	507.6	637.0

Figura 4.12. Análisis del color beige.

La mayor variación se observa en el color base de cada muestra debido a que es el color que se está midiendo, gracias a esta prueba y error dentro de la industria textil, se obtiene que para hacer compatibles dos tonos distintos deben cumplir con la restricción *de variar en su color base entre más-menos 2 enteros y un entero en los dos colores restantes*, de las cifras que marca cada uno de los

valores del RGB, pues en comparación con las muestras reales es en ese espacio donde la tonalidad todavía permite trabajar con telas de diferente rollo o que han sobrado durante los procesos de fabricación de prendas.

REFERENCIAS

- [01] Implementación de la estrategia y control, implementación de la estrategia: organización para la acción, capítulo 9, artículo 09, 2010.
- [02] Estrategias gerenciales, gerencia para el emprendimiento, artículo ejecución e implementación, 2012.
- [03] Justificación de un proyecto, herramientas metodológicas, artículo 16, 2011.
- [04] Como medir los resultados de los proyectos de desarrollo, manual para los expertos en misión, Samuel P. Hayes, jr. Unesco, 2011.
- [05] Estadística y control de calidad, gráfica de control y conceptos estadísticos, unidad IV, artículo 88.

CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

5.1 CONCLUSIONES

El problema principal dentro de la industria textil es la gran cantidad de tonos que se producen en la fabricación de tela, consecuentemente afecta a los maquiladores y fabricantes de prendas de vestir, durante todos los procesos de elaboración, al llevar a cabo la implementación del sistema autónomo de selección de color uno de los aspectos más importantes fue analizar la sensibilidad de lectura que tiene el dispositivo para indicar la variación entre una muestra y otra, para disminuir el problema.

El grado de sensibilidad resulto de forma satisfactoria para llevar a cabo una aplicación de mejora dentro del ámbito textil, pues cumple con las expectativas que se habían planteado al inicio de este proyecto.

La implementación comprueba que la problemática de la industria de telas, puede reducir y favorecer los procesos que allí se realizan, tomando en cuenta los desafíos desde la fabricación hasta la venta a los consumidores.

La aplicación del sistema autónomo de selección de color compite en el mercado gracias a su fácil manejo, nivel de fiabilidad, pero sobre todo gana mucho terreno en cuanto a su precio respecto a otros.

No olvidando los objetivos principales y secundarios, el sistema autónomo de selección de color puede solucionar los inconvenientes, incluso superar las expectativas que se tenían, generando el inicio de un proyecto que puede ser llevado a un análisis mayor enfocado a dispersar los problemas de la variación de intensidad en los colores.

Respecto a la generación de costos elevados cuando el material no cumple las características de entrega, se proponen las siguientes opciones para reducir los costos de la tela que incumpla con las características de calidad establecidas en la tonalidad del color.

1: Garantizar la calidad de tonalidad de la tela y mediante el sistema autónomo de selección de color revisar el producto antes de su empaque y envío.

2: Investigar y en su caso distribuir la tela de saldo para otro cliente textil.

3: La tela de saldo usarla para accesorios complementarios a la vestimenta:

- Bolsas
- Corbatas
- Sombreros (gorras, boinas, entre otros)
- Artículos para cabello (diademas, moños, entre otros).

4: Elaboración de cortinas, manteles, fundas para sillones, cojines, entre otros.

5: Enviarla a centros de distribución donde puede ser vendida por metros.

Con estas propuestas se evitaría una pérdida monetaria a la industria textil, recuperación por pérdida de saldo y evitar la contaminación al medio ambiente.

5.2 TRABAJOS FUTUROS

Existen diversas aplicaciones en donde se puede llevar a cabo la aplicación del sistema autónomo de selección de color, como puede ser en la medicina, en alimentos, industria automotriz, entre otros, su campo de trabajo es verdaderamente muy amplio, sin embargo existen mejoras que aún se pueden implementar al dispositivo, una de ellas es la adaptación de una pantalla display, donde se podrán observar los datos registrados en cada muestra, así como una memoria que almacene los datos de varias muestras y compararlos, se puede incluir una batería que alimente al circuito eléctrico, eliminando por completo el uso de una computadora, por lo tanto convertirlo en portátil.

Respecto al análisis y monitoreo de datos, se puede aplicar la teoría de Clustering, que habla acerca del coeficiente de agrupamiento, el cual se refiere al uso de vértices que indican máximos y mínimos agrupados, este concepto puede ser aplicado más a fondo en procesos donde se requiera conocer aquellas características de artículos que se encuentran dentro de un rango o grupo de especificaciones especiales de calidad.

Estableciendo una relación con el sistema pantone los datos realmente son útiles y la calidad en los productos aumentará de forma considerable.

ANEXOS

Los siguientes documentos son constancias que autorizan la utilización del material fotográfico utilizado en este trabajo, tanto de la empresa *Bonpros S.A. de C.V.* como de *Doral Tex S.A. de C.V.*

BONPROS S.A. DE C.V.
Av. del panteón No 38, 52500, Santa Cruz Atizapán, Edo. De México.
Tel. 01 713 13 165 89



24 DE FEBRERO DE 2016

ASUNTO: PERMISO PARA HACER USO RESPONSABLE DE INFORMACIÓN Y MATERIAL FOTOGRÁFICO.

PRESENTE:

Por este conducto tengo a bien informarle que **Mario Hornilla Flores** estudiante de la Universidad Autónoma del Estado de México, con número de matrícula **1027869**, realizo una investigación dentro de las instalaciones de **BONPROS S.A. DE C.V.** con fines académicos para su formación profesional, por lo cual le autorizo que puede hacer uso responsable de la información y material fotográfico aquí obtenido para ser visible en el contenido de su tesis con la referencia que nos corresponde.

Sin más por el momento quedo a usted, enviándole un cordial saludo.

ATENTAMENTE

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Reyes Hernández Gutiérrez", is written over a horizontal line.

REYES HERNÁNDEZ GUTIERREZ

Responsable general de Bonpros S.A. de C.V.

Doral Tex S.A. de C.V.
Fabricas de tejido de algodón.
Libertad No 10, 54070, Tlalnepantla de Baz, Edo. De México.
Tel. 5555659984

DORAL TEX S.A. DE C.V.

22 DE FEBRERO DE 2016

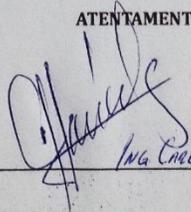
ASUNTO: PERMISO PARA HACER USO RESPONSABLE DE INFORMACION Y MATERIAL FOTOGRAFICO.

PRESENTE:

Por este conducto tengo a bien informarle que **Mario Hornilla Flores** estudiante de la Universidad Autónoma del Estado de México, con número de matrícula **1027869**, realizo una investigación dentro de las instalaciones de **Doral Tex S.A. de C.V.** con fines académicos para su formación profesional, por lo cual le autorizo que puede hacer uso responsable de la información y material fotográfico aquí obtenido para ser visible en el contenido de su tesis con la referencia que nos corresponde.

Sin más por el momento quedo a usted, enviándole un cordial saludo.

ATENTAMENTE



Ina Carlos Hernández S.

Responsable general de Doral Tex S.A. de C.V. en Tlalnepantla.