



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE TEXTILES**

**INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN**

**CURRICULAR, MODALIDAD PRESENCIAL**

**TEMA:**

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA SOLIDEZ A LA LUZ EN  
PRENDAS SUBLIMADAS CON TINTA EPSON: CIAN T46C2,  
MAGENTA T46C3, AMARILLO T46C4 Y NEGRO T46C8; SOBRE  
TEJIDOS JERSEY POLIÉSTER Y NYLON”**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniera Textil**

**Línea de investigación:** Gestión, Producción, Productividad, Innovación y Desarrollo Socioeconómico.

**Autor (a):** Chulde Colimba Katherin Gabriela

**Director:** MSc. Omar Vinicio Godoy Collaguazo

**Ibarra-2023**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA**  
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	100473249-9		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Chulde Colimba Katherin Gabriela		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Tanguarín – calle Imbabura y 15 de mayo		
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:kgchuldec@utn.edu.ec">kgchuldec@utn.edu.ec</a>		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	-----	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	09943357529

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO:</b>	“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA SOLIDEZ A LA LUZ EN PRENDAS SUBLIMADAS CON TINTA EPSON: CIAN T46C2, MAGENTA T46C3, AMARILLO T46C4 y NEGRO T46C8, SOBRE TEJIDOS JERSEY POLIÉSTER Y NYLON”
<b>AUTOR:</b>	Chulde Colimba Katherin Gabriela
<b>FECHA:</b>	03/08/2023
<b>PROGRAMA</b>	Pregrado <input checked="" type="checkbox"/> Posgrado <input type="checkbox"/>
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	INGENIERA TEXTIL
<b>DIRECTOR:</b>	MSc. Omar Vinicio Godoy Collaguazo

## 2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que se asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 03 días del mes de agosto del 2023.

**Autor (a)**

**Firma:**  \_\_\_\_\_

**Nombre:** Chulde Colimba Katherin Gabriela

**CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN  
CURRICULAR**

Ibarra, 03 de agosto del 2023

MSc. Omar Vinicio Godoy Collaguazo

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

(f): \_\_\_\_\_

MSc. Omar Vinicio Godoy Collaguazo

C.C.: 100308393-6

## **APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR**

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular “**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA SOLIDEZ A LA LUZ EN PRENDAS SUBLIMADAS CON TINTA EPSON: CIAN T46C2, MAGENTA T46C3, AMARILLO T46C4 Y NEGRO T46C8, SOBRE TEJIDOS JERSEY POLIÉSTER Y NYLON**”, elaborado por Chulde Colimba Katherin Gabriela, previo a la obtención del título de **INGENIERA TEXTIL**, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

(f): \_\_\_\_\_

MSc. Omar Vinicio Godoy Collaguazo

C.C.: 100308393-6

(f): \_\_\_\_\_

MSc. José Rafael Posso Pasquel

C.C.: 100252578-8

## DEDICATORIA

*Esta investigación se la dedico a Dios, por la fuerza y bendiciones recibidas para culminar esta etapa de formación profesional, cumplir una meta más y por poner en mi camino a personas que me ayudaron a crecer como persona.*

*A mis padres: Mesías Chulde y María Colimba, por estar presentes en cada momento de tristeza y felicidad de mi vida, por brindarme el apoyo en todos los ámbitos que se han presentado, además de las enseñanzas y consejos.*

*A mi hermano Brayán, por los momentos que ha compartido conmigo y el apoyo moral en todo el transcurso de mi vida diaria y en el ámbito estudiantil.*

*Finalmente, quiero dedicar este proyecto a todas y cada una de las personas que han estado presentes en esta etapa académica, amigos (as), familia y docentes, por sus guías, consejos, conocimientos y sabiduría durante todo el cursado universitario.*

*...<<<OK>>>...*

*Katherin Gabriela Chulde Colimba*

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a Dios por estar conmigo en cada paso que he dado en mi vida, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente, y por haber puesto en mi camino a todas y cada una de aquellas personas que han sido mi soporte y compañía en mi etapa universitaria al brindarme su apoyo y amistad.*

*A mis padres por estar presentes en todo momento, por brindarme su amor y confianza incondicional para culminar mi vida estudiantil, por inculcarme la valentía y el esfuerzo ante las adversidades. Además, por su apoyo económico y emocional, mismos que permitieron ser mejor persona cada día.*

*A mi hermano, por apoyarme y darme palabras de aliento en todo momento, por impulsarme a seguir adelante y por acompañarme en los momentos más difíciles que se han presentado.*

*Agradezco a una persona especial de mi vida que llegó sin previo aviso, dada la inmensidad del tiempo y universo, fue, es y será un placer el haber coincidido para compartir un planeta y tiempo.*

*Un agradecimiento especial al MSc. Omar Godoy, por ser mi director de tesis, por su guía, consejos y paciencia durante todo el desarrollo del proyecto, también por las enseñanzas, experiencias y conocimientos impartidos.*

*Un agradecimiento profundo a la Universidad Técnica del Norte, pero sobre todo a la Carrera de Textiles por las experiencias vividas en toda mi trayectoria universitaria. Además, a cada uno de los docentes de la carrera, en especial al MSc. Fausto Gualoto, MSc. José Posso y MSc. Elvis Ramírez por los consejos, conocimientos y sabiduría para realizarme profesionalmente.*

...<<<OK>>>...

***Katherin Gabriela Chulde Colimba***

## RESÚMEN

El presente estudio se centró en el análisis de la solidez del color a la luz de muestras de tejido de punto jersey Poliéster y nylon ploteadas con tintas Epson T46 y sometidas a sublimación, con el fin de determinar el desgaste de tono, bajo condiciones reales de exposición a rayos UV, investigación que aporta a la industria textil sobre el comportamiento, principalmente de prendas deportivas sublimadas como el ciclismo y afines, pues al estar bajo la exposición a los rayos del sol, los cuatro colores bajo estudio (cian, magenta, amarillo y negro) tienen variabilidad en cuanto a su solidez.

El análisis comparativo se detalla mediante el cambio del color producido en cada una de las probetas con tres variables establecidas: dosificación de tinta, temperatura y tiempo, los cuales después de pasar por el proceso de sublimación son sometidas en el equipo Trufade según la norma ISO 105 B02 que simula la luz del sol por medio de una lámpara de arco de xenón; posteriormente, con el uso del espectrofotómetro, se obtienen datos que sirven para la evaluación de la degradación del color con la escala de grises.

Los datos obtenidos fueron depurados, organizados y tabulados para ser representados en tablas y gráficos estadísticos; estos, permiten la interpretación cuantitativa entre los resultados de poliéster y poliamida, siendo estos componentes, el coeficiente de variación y el DEcmc por cambio de color de las probetas, elementos clave, a la hora de realizar estudios de solidez del color.

**Palabras clave:** Trufade, medición del color, tejido jersey, temperatura.

## ABSTRACT

The present study focused on analyzing the color fastness to light of Polyester and nylon knitted jersey fabric samples, printed with Epson T46 inks and subjected to sublimation, in order to determine color fading under real conditions of UV exposure. This research contributes to the textile industry by providing insights into the behavior, primarily of sublimated sportswear garments such as cycling and related activities, as the four colors under study (cyan, magenta, yellow, and black) exhibit variability in terms of their color fastness.

The comparative analysis is detailed by observing the color change produced in each of the test specimens with three established variables: ink dosage, temperature, and time. After undergoing the sublimation process, the specimens are subjected to the Trufade equipment following the ISO 105 B02 standard, which simulates sunlight using a xenon arc lamp. Subsequently, using a spectrophotometer, data is obtained for evaluating color degradation on a grayscale.

The collected data were refined, organized, and tabulated to be represented in tables and statistical graphs. These allow for quantitative interpretation between the results of Polyester and polyamide, with key components being the coefficient of variation and the DEcmc for color change of the test specimens. These elements are crucial when conducting color fastness studies.

**Keywords:** Trufade, color meditation, jersey fabric, temperature.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA</b> .....	vi
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	vii
<b>RESÚMEN</b> .....	viii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....	x
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	xiii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xiv
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	xvi
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
Descripción del tema.....	1
Antecedentes .....	2
Importancia del estudio .....	3
Objetivo general .....	4
Objetivos específicos.....	4
Características del sitio del proyecto.....	5
<b>CAPÍTULO I</b> .....	6
<b>1. ESTADO DEL ARTE</b> .....	6
<b>1.1. Estudios previos</b> .....	<b>6</b>
1.1.1. Sublimación textil.....	6
1.1.2. Tintas de sublimación.....	7
1.1.3. Solidez del color .....	8
1.1.4. Análisis espectrofotométricos .....	8
<b>1.2. Marco legal</b> .....	<b>9</b>

1.2.1.	Constitución de la República del Ecuador.....	9
1.2.2.	Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte.....	10
<b>1.3.</b>	<b>Marco conceptual.....</b>	<b>10</b>
1.3.1.	Tintas Epson .....	10
1.3.2.	Tipos de tejido de punto .....	12
1.3.3.	El espacio del color.....	13
1.3.4.	Proceso de sublimado .....	14
1.3.5.	Influencia de la luz sobre el color.....	16
<b>CAPÍTULO II.....</b>		<b>19</b>
<b>2.</b>	<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>19</b>
<b>2.1.</b>	<b>Tipos de investigación .....</b>	<b>19</b>
2.1.1.	Enfoque de investigación .....	19
2.1.2.	Método de investigación.....	20
2.1.3.	Técnica de investigación .....	21
<b>2.2.</b>	<b>Normas de referencia .....</b>	<b>22</b>
2.2.1.	ISO 105 B02 Solidez del color a la luz artificial: prueba de lámpara de desvanecimiento por arco de xenón .....	22
<b>2.3.</b>	<b>Flujogramas .....</b>	<b>27</b>
2.3.1.	Flujograma general.....	27
2.3.2.	Flujograma muestral .....	28
<b>2.4.</b>	<b>Equipos y materiales .....</b>	<b>29</b>
2.4.1.	Plotter de sublimación .....	29

2.4.2.	Plancha de sublimación .....	31
2.4.3.	Trufade .....	33
2.4.4.	Espectrofotómetro de color .....	36
2.4.5.	Materiales .....	38
<b>2.5.</b>	<b>Procedimiento .....</b>	<b>39</b>
2.5.1.	Determinación y aplicación de variables.....	39
<b>2.6.</b>	<b>Pruebas de laboratorio.....</b>	<b>41</b>
2.6.1.	Prueba de solidez a la luz – ISO 105 B02 método de arco de xenón .....	41
<b>CAPÍTULO III .....</b>		<b>43</b>
<b>3.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>43</b>
<b>3.1.</b>	<b>Resultados .....</b>	<b>43</b>
3.1.1.	Resultados de la solidez del color en el espectrofotómetro.....	43
<b>3.2.</b>	<b>Análisis de confiabilidad .....</b>	<b>59</b>
3.2.1.	Varianza de resultados.....	59
<b>3.3.</b>	<b>Discusión de resultados .....</b>	<b>62</b>
3.3.1.	Análisis e interpretación de resultados de solidez a la luz .....	62
<b>CAPÍTULO IV .....</b>		<b>67</b>
<b>4.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>67</b>
<b>4.1.</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>67</b>
<b>4.2.</b>	<b>Recomendaciones .....</b>	<b>69</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>70</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>78</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Características del tejido Poliéster (Pes) y Nylon (Pa).....	38
<b>Tabla 2</b> Variables del material poliéster y nylon .....	40
<b>Tabla 3</b> Grado de solidez del color entre poliéster y nylon .....	45
<b>Tabla 4</b> Intensidad de color estándar del poliéster y nylon de 200° C y 40 s .....	46
<b>Tabla 5</b> Resultado de la solidez del color Pes vs Pa de 200° C a 40 s .....	46
<b>Tabla 6</b> Intensidad de color estándar del poliéster y nylon de 200° C y 20 s .....	49
<b>Tabla 7</b> Resultado de la solidez del color Pes vs Pa de 200° C a 20 s .....	49
<b>Tabla 8</b> Intensidad de color estándar del poliéster y nylon a 150°C y 40s .....	52
<b>Tabla 9</b> Resultado de la solidez del color Pes vs Pa a 150° C y 40 s.....	52
<b>Tabla 10</b> Intensidad de color estándar del poliéster y nylon a 150° C y 20 s .....	55
<b>Tabla 11</b> Resultado de la solidez del color poliéster y nylon a 150° C y 20 s.....	55
<b>Tabla 12</b> Tabla consolidada de resultados-Solidez a la luz .....	58
<b>Tabla 13</b> Análisis de varianza de solidez a la luz – color cian .....	60
<b>Tabla 14</b> Análisis de varianza de solidez a la luz – color magenta .....	60
<b>Tabla 15</b> Análisis de varianza de solidez a la luz – color amarillo .....	61
<b>Tabla 16</b> Análisis de varianza de solidez a la luz – color negro.....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Ubicación de Laboratorio CTEX .....	5
<b>Figura 2</b>	Tintas Epson.....	11
<b>Figura 3</b>	Proceso de sublimación.....	15
<b>Figura 4</b>	Influencia de la luz sobre el color .....	17
<b>Figura 5</b>	Fuente de luz artificial.....	18
<b>Figura 6</b>	Trufade – Equipo de prueba de solidez del color a la luz.....	23
<b>Figura 7</b>	Dimensión de las probetas del ensayo .....	24
<b>Figura 8</b>	Máscaras o tapas para el ensayo de la solidez a la luz.....	25
<b>Figura 9</b>	Escala de grises .....	26
<b>Figura 10</b>	Flujograma general del ensayo de la solidez del color a la luz.....	27
<b>Figura 11</b>	Flujograma muestral del tejido jersey poliéster y nylon.....	28
<b>Figura 12</b>	Plotter de sublimación.....	29
<b>Figura 13</b>	Nivel de tinta en el plotter de sublimación .....	30
<b>Figura 14</b>	Sublimadora o plancha transfer – modelo EL900.....	31
<b>Figura 15</b>	Control de temperatura y tiempo .....	32
<b>Figura 16</b>	Suministro de agua.....	34
<b>Figura 17</b>	Lámpara y carga de muestras.....	35
<b>Figura 18</b>	Porta muestras de 3 lados del equipo Trufade .....	35
<b>Figura 19</b>	Espectrofotómetro textil i5 X-Rite.....	36
<b>Figura 20</b>	Montaje del disco de apertura .....	37
<b>Figura 21</b>	Apertura de la puerta de muestras.....	38
<b>Figura 22</b>	Prueba de sublimación con la temperatura a 100° C.....	39
<b>Figura 23</b>	Condiciones del Trufade .....	42

<b>Figura 24</b>	Resultados de la solidez a la luz entre poliéster y nylon 200° C.....	44
<b>Figura 25</b>	Resultados de la solidez a la luz entre poliéster y nylon a 150° C.....	44
<b>Figura 26</b>	Resultado de cambio de color del tejido poliéster a 200° C y 40 s.....	47
<b>Figura 27</b>	Resultado de cambio de color del tejido nylon a 200° C y 40 s.....	48
<b>Figura 28</b>	Resultado de cambio de color del tejido poliéster a 200° C y 20 s.....	50
<b>Figura 29</b>	Resultado de cambio de color de nylon a 200° C y 20 s.....	51
<b>Figura 30</b>	Resultado de cambio de color de poliéster a 150° C y 40 s.....	53
<b>Figura 31</b>	Resultado de cambio de color de nylon a 150° C y 40 s.....	54
<b>Figura 32</b>	Resultado de cambio de color del tejido poliéster a 150° C y 20 s.....	56
<b>Figura 33</b>	Resultado de cambio de color del tejido nylon a 150° C y 20 seg.....	57
<b>Figura 34</b>	Análisis de varianza de la solidez a la luz de cada color.....	62
<b>Figura 35</b>	Resultado consolidado de la solidez a la luz entre los dos tejidos.....	63
<b>Figura 36</b>	Interpretación de solidez del color a la luz – color cian (Pes vs Pa).....	64
<b>Figura 37</b>	Interpretación de solidez del color a la luz – color magenta (Pes vs Pa).....	64
<b>Figura 38</b>	Interpretación de solidez del color a la luz – color amarillo (Pes vs Pa).....	65
<b>Figura 39</b>	Interpretación de solidez del color a la luz – color negro (Pes vs Pa).....	66

**ÍNDICE DE ANEXOS**

<b>Anexo 1</b> Certificado de uso de laboratorio de la Carrera de Textiles .....	78
<b>Anexo 2</b> Ficha técnica del tejido nylon .....	79
<b>Anexo 3</b> Caracterización del tejido .....	80
<b>Anexo 4</b> Proceso de impresión y sublimado .....	80
<b>Anexo 5</b> Caracterización de los tejidos poliéster y Nylon .....	80
<b>Anexo 6</b> Muestras de poliéster y nylon .....	81
<b>Anexo 7</b> Ingreso de muestras al Trufade.....	81
<b>Anexo 8</b> Evaluación en el espectrofotómetro.....	81

## INTRODUCCIÓN

### **Descripción del tema**

El presente estudio, tiene como objetivo principal el analizar la solidez del color con respecto a la luz solar, y otros factores que pueden intervenir de la degradación del mismo en los tejidos jersey de poliéster y nylon, como: el sudor o transpiración del mismo. La tinta empleada en las sublimaciones para las prendas deportivas en el área del ciclismo tiene distinta reacción en los tejidos sobre los que se aplica, por el hecho de que la composición de ellos tiene sus propias características fisicoquímicas (Millington, 2017), por lo tanto, es un factor que interviene en la durabilidad del color, ya que en conjunto con los rayos ultravioletas que emite la luz solar, se pueden considerar cambios notables en el tono del sustrato textil.

La implementación de innovaciones en todos los ámbitos dentro de la industria textil, son los que permiten solucionar dificultades tanto para la salud como el medio ambiente, por lo tanto, se deben destacar las tendencias actuales que se encuentren vigentes y en busca de una óptima producción (Bayburtlu, 2022), es decir, los cuales permitan generar ingresos sin obtener resultados o efectos perjudiciales para la salud y el entorno. La actividad física puede verse como un entretenimiento entre las personas como: estilos de vida, formas de cambio personales, o diversión entre los más jóvenes, en donde dicha actividad varía las reglas de cómo realizarlo y las circunstancias para

llevarlo a cabo, además, también puede resultar en distintos niveles de peligro para la persona como: enfermedades en la piel o accidentes físicos durante la distancia recorrida (Kara et al., 2021), esto sino se utiliza una vestimenta adecuada.

El presente estudio, pretende realizar ensayos de resistencia del color a la luz en los tejidos jersey sublimados de poliéster y nylon con tintas Epson: cian T46C2, magenta T46C3, amarillo T46C4 y negro T46C8, bajo la norma ISO 105 B02 arco de xenón, el cual es uno de los factores más conocidos que influyen en el color de los sustratos textiles, es donde es desarrollado con ayuda de los equipos del laboratorio.

### **Antecedentes**

La ropa deportiva en un principio era de material de algodón, por el hecho de que tiene la capacidad de absorción de líquidos, en el caso de los deportistas el sudor (Mensch Canabarro, 2019), para ello también se comenzó a hacer uso de los tejidos de material sintético como: poliéster y poliamida, porque se caracterizan por la absorción, resistencia y de peso liviano. El material textil en los que se emplea comúnmente para el ciclismo es en poliéster, mezclas entre poliéster y entre otros, ya que las propiedades que ofrecen al deportista, es la comodidad de los movimientos a realizar (moldeables al cuerpo) y frescura.

Las prendas sublimadas es una tendencia entre los distintos deportes, el cual la sublimación consta dentro del método de estampación por los diseños, colores o formas que se otorgan al sustrato textil por medio del papel transfer, los cuales son transferidos por una plancha estampadora en los tejidos jersey (Pacheco Andrea, 2015). La sublimación tiene una gama de equipos, en donde se utilizan distintos tipos de tinta en un determinado material, es decir, cada sublimadora trabaja o elabora con tintas especializadas para el mismo.

La tinta utilizada en el método de sublimación es muy empleada en la industria textil para prendas deportivas, en donde puede ser de forma directa o indirecta hacia los tejidos (Cie, 2015). En la actualidad hay una variedad de marcas de tintas, pero la que más destaca entre todas, es la marca Epson, ya que evitan que los cabezales del equipo no se tapen, además, cuenta con una amplia gama de tonalidades y escala de grises, y es certificada de acuerdo al ECO PASSPORT OEKO-TEX (Edge et al., 2020).

La transpirabilidad que produce el cuerpo humano al realizar algún tipo de actividad como el ejercicio, tiene componentes que pueden ser alcalinos o ácidos, entre las alteraciones de calidad del sudor, el más conocido es por el tipo de consumo de alimentos (Villanueva-Reyes, 2004). La transpiración alcalina o ácida generada por el cuerpo, tiene un efecto notorio en los tejidos jersey poliéster y nylon, ya que tiene una reacción entre el sustrato y la composición del sudor en el tema de la variación del tono del color (Ramesh Kumar et al., 2022).

### **Importancia del estudio**

El ciclismo es un deporte que ha influido en las personas por la cuestión de la pandemia, ya que, al encontrarse en un encierro total en el hogar por un tiempo prolongado, se volvió una necesidad el estar en movimiento y no generar problemas de salud en un futuro (Aldred & Woodcock, 2015). Este deporte se lo realiza de manera regular, ya que las personas se acostumbraron a estar en movimiento y compartiendo momentos, tanto con la familia como con amigos. Por lo tanto, al encontrarse mucho tiempo fuera del hogar y bajo la luz del sol debido a las distancias recorridas, la necesidad de adquirir prendas especializadas para tal deporte, se volvió una tendencia para dicha actividad, la cual sea capaz de resistir los rayos solares y a la vez, brindar comodidad en los movimientos.

Los tejidos jersey poliéster y nylon, son un material en los que se pueden obtener mejores resultados en el proceso de sublimado, ya que los dos cuentan con propiedades únicas como: suavidad, resistencia y buena apariencia. El uso de estos tejidos sintéticos es esencial para el ciclismo, de tal manera que la persona se mantiene dentro del ámbito de la moda, tanto en diseños como la combinación de colores y con eficiencia en la comodidad de los movimientos (Oggiano et al., 2013), además, los dos tejidos son capaces de absorber calor al encontrarse bajo los rayos ultravioleta por un tiempo prolongado.

### **Objetivo general**

Analizar la comparativa de la solidez a la luz en prendas sublimadas con tinta Epson: cian T46C2, magenta T46C3, amarillo T46C4 y negro T46C8; sobre tejidos jersey poliéster y nylon.

### **Objetivos específicos**

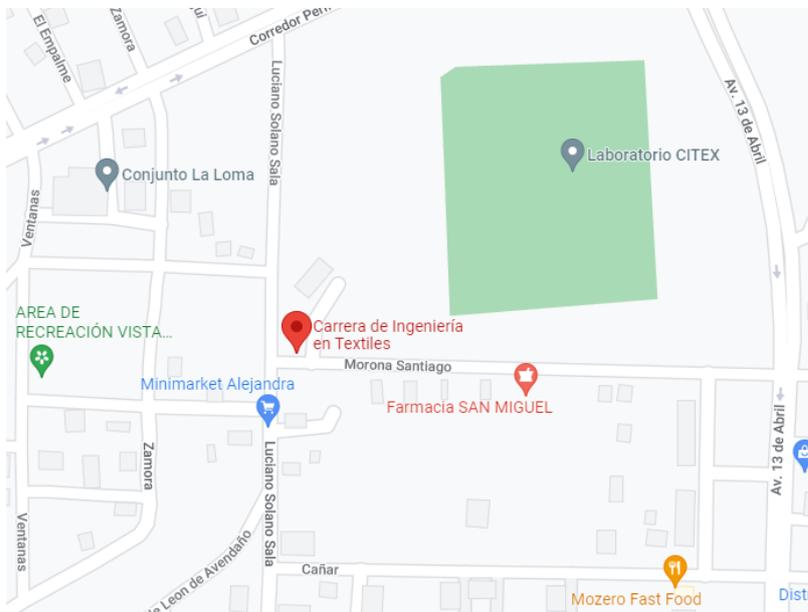
- Investigar sobre el proceso de sublimación con tinta Epson T46 en tejidos jersey poliéster y nylon con ayuda de fuentes bibliográficas, revistas y libros.
- Aplicar tintas Epson: cian T46C2, magenta T46C3, amarillo T46C4 y negro T46C8 en los tejidos jersey poliéster y nylon, modificando las variables: tiempo, temperatura y dosificación de tinta.
- Someter a ensayos de solidez del color a la luz, aplicando la norma ISO 105 B02 arco de xenón entre los tejidos poliéster y nylon, para obtener datos.
- Analizar los datos obtenidos mediante el uso de software estadístico y establecer la comparativa respectiva.

## Características del sitio del proyecto

El estudio del proyecto del análisis comparativo de la solidez a la luz fue desarrollado en la ciudad de Ibarra de la provincia de Imbabura, en los laboratorios de la Carrera de Textiles de la Universidad Técnica del Norte, que se encuentra ubicada en el barrio de Azaya, en la calle principal Morona Santiago y Luciano Solano Sala, con las siguientes coordenadas ( $0^{\circ}22'43.9''N$   $78^{\circ}07'20.2''W$ ).

### Figura 1

#### Ubicación de Laboratorio CTEX



*Nota:* La figura muestra la ubicación del laboratorio de la Carrera de Textiles. Fuente: (Google Maps, 2023).

## CAPÍTULO I

### 1. ESTADO DEL ARTE

#### 1.1. Estudios previos

##### *1.1.1. Sublimación textil*

La sublimación textil es una técnica actual que se realiza en los tejidos jersey, el cual es un método versátil y factible para la impresión de diseños de combinaciones de colores y figuras en un solo material, donde permite el traslado de información desde fotografías hasta textos, el cual es elaborado por un programa que se asocia con el plotter de sublimación. Además, esta técnica se determina como indirecta, por el motivo del paso del estado sólido a gaseoso (Leber, 2016). Este tipo de método de estampación es aplicado en tejidos de origen sintético y artificial, esto con base a las propiedades que poseen al soportar altas temperaturas para su aplicación en la plancha transfer.

Según (Lizák et al., 2015) menciona:

El proceso de la sublimación es una técnica de teñido especialmente para los sustratos textiles, el cual, difiere bastante con los otros tipos de estampado que existen. Además, se destaca principalmente por la tecnología que ha sido desarrollada para este fin, en donde tiene como

objetivo trasladar el color al sustrato. El método con el que se fija el color otorga características especiales y únicas después de ser impresa en el material textil (p. 2).

El traslado de un diseño con la combinación de colores, se lo realiza en un papel transfer mediante la aplicación de calor a una temperatura que varía según el tipo de material en el que se desarrolla el producto, “este método de impresión es adecuado solo para telas ligeras con un alto contenido de fibras sintéticas” (Prybeha et al. 2021, p. 2), es decir; los tejidos que poseen en su estructura de origen natural como el algodón, no tienen una afinidad con el método, ya que la técnica que se utiliza para las tintas especialmente determinadas para el proceso de sublimación, con las características físico-químicas que posee el algodón, no tienen afinidad la una con otra o una reacción entre sí.

### ***1.1.2. Tintas de sublimación***

Las tintas de sublimación son desarrolladas de acuerdo con el equipo que se va a utilizar, es decir, son especialmente diseñadas para no generar complicaciones o desgastes en las partes internas del mismo, de esta manera, los colorantes llevan el mismo nombre de la máquina, con el objetivo de no generar confusiones al utilizar otro tipo de tinta en el equipo. Además, otra característica para las pruebas del desarrollo de las tintas para el proceso de sublimación es realizar una producción aplicada dentro del cuidado para el medio ambiente, en conjunto del objetivo primordial de otorgar color sobre los sustratos textiles (Ibrahim et al., 2020).

En el desarrollo de las tintas de sublimación, se realizaron bastantes estudios especialmente para los tejidos de origen sintético y artificial, ya que, al momento de realizar las pruebas, los colorantes no tenían la suficiente afinidad con los sustratos (tiempo de duración). De esta manera, se desarrolló un método para que sea aplicado sin tener inconvenientes en los resultados requeridos, el cual conlleva con una tecnología que permita

la acción deseada y sea distinto a las técnicas de estampado tradicionales, a su vez, creando una innovación para el área textil en la impresión de diseños e imágenes en el sustrato (Cie, 2015).

Las tintas de sublimación son básicamente una tecnología innovadora por transferencia para los tejidos, especialmente diseñadas para los de tejido de punto, ya que se caracterizan por la superficie suave que poseen, además, tiene una excelente afinidad entre la tinta y la fibra de la misma. La composición o tipo de las tintas para el proceso son dispersos, ya que ofrecen la ventaja de no ser contaminante al realizarse la sublimación, resultando un componente amigable con el medio ambiente (no tóxico) y la salud de las personas al no transferirse al género textil en medio del proceso (Xu, 2017).

### ***1.1.3. Solidez del color***

El color en los sustratos textiles cumple un papel fundamental al momento de otorgar vida y significado, dependiendo del tipo de diseño que se le transmite al material textil, de esta manera, se tiene un punto sustancial valorar la solidez que tiene en los tejidos, como también teniendo presente los distintos parámetros en los que puede influir. La solidez de un color sobre este material determina la vida útil por la apariencia que ofrece desde el inicio hasta el final del uso. La duración del color en los tejidos depende de la cantidad de los indicios para influir en la solidez, se tiene una relación entre la composición química y la tonalidad del color, ya que se destaca la forma de afinidad entre el textil y el tinte (Chakraborty, 2011).

### ***1.1.4. Análisis espectrofotométricos***

“La espectrofotometría es una técnica analítica que permite determinar la concentración de un compuesto en solución” (Nieves A., Díaz; J. Antonio, Bárcena R.; Emilio, Fernández R.; Aurora, Galván C.; Jesús, Jorrín N.; José, Peinado P.; Fermín, 1984, p. 1), es decir, es un proceso que se determina por medio de la luz de ondas

electromagnéticas y se centra de forma directa sobre el objetivo determinado como el sustrato textil. A su vez, según Lillotte et al. (2021) afirma que “los espectros obtenidos del rango visible se calculó la información de color” (p. 1), por lo tanto, el análisis es realizado por los resultados de la información del sustrato con el color característico otorgado por el proceso realizado, las ondas de energía

El equipo que permite analizar la técnica mencionada es el espectrofotómetro, el cual evalúa el nivel que tiene el color sobre los sustratos textiles, como el color que era al principio antes de los ensayos a los que son sometidos, con el resultado final obtenidos de las pruebas realizadas en las muestras. El análisis es por medio de una escala de grises y la solidez del mismo en los distintos tipos de material textil, el cual se determina por el cambio en la tonalidad, teniendo presente los parámetros que influyeron para la distinción del mismo (Laboratorios Eyco, 2022). El cambio de color que se obtiene en los análisis de los resultados del espectrofotómetro permite la valoración de la calidad del material textil en cuanto al color por la duración que se ha mantenido en la estructura de este.

## **1.2. Marco legal**

### ***1.2.1. Constitución de la República del Ecuador***

La Constitución de la República del Ecuador, presenta los siguientes artículos referentes al medio ambiente (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008):

Art. 83.- Literal 6 menciona: Respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible.

Art. 278.- explica: Producir, intercambiar y consumir bienes y servicios con responsabilidad social y ambiental.

Art. 385.- Literal 3 detalla: Desarrollar tecnologías que impulsen la producción nacional eleven la eficiencia y productividad, mejoren la calidad de vida y contribuyan a la realización del buen vivir.

Art. 395.- Literal 1 redacta: El estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegura la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.

Art. 397.- Literal 3 menciona: Regular la producción importación, distribución, uso y disposición final de materiales tóxicos y peligrosos para las personas o el ambiente (pp. 41, 135, 185, 188, 189).

### ***1.2.2. Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte***

El presente proyecto de investigación se encuentra relacionada con la siguiente línea de investigación de la Universidad Técnica del Norte y de la Carrera de Textiles (Universidad Técnica del Norte, 2022):

- Producción industrial y Tecnología Sostenible
- Gestión, Producción, Productividad, Innovación y Desarrollo Socioeconómico.

## **1.3. Marco conceptual**

### ***1.3.1. Tintas Epson***

Las tintas de sublimación de la marca Epson, son las más utilizadas de forma global en cualquier impresora y son adaptables para todas las áreas, entre ellas en la amplia rama textil. Es una de las que se encuentran certificadas en el campo ecológico y de seguridad (Edge et al., 2020). Además, su uso es frecuente por la nitidez de la imagen que se puede realizar o proyectar en el proceso de sublimación, los cuales son realizados en los programas destinados a la creación de diseños para trasladar a las prendas. La serie

del color de los paquetes de cada una de las tintas Epson, son dirigidas especialmente a impresoras determinadas, en la que cada serie es especificada para el tipo que es destinada y tiene alta afinidad (Epson, 2022b).

## Figura 2

### Tintas Epson



*Nota:* La figura muestra el tipo de tinta que se utiliza en el proceso de sublimación, con la serie correspondiente C, M, Y, K, cada color tiene su propio chip que se ingresa en el plotter de sublimación, para transmitir la información al programa determinado. Fuente: (ScreenTM S.A, 2022).

Este tipo de tintas, son compuestas por colorantes que se encuentran dentro del estudio del color CMYK, teniendo los cuatro colores primarios que son: cian, magenta, amarillo y negro para los diseños determinados, además, la gran escala de colores a partir de estos, ayudan a resaltar hasta los más pequeños detalles realizados y que se quieren presentar en el sublimado (Kaiser, 2022). Los grados de temperatura para aplicar varía según la densidad del tejido, entre más denso el género textil se requiere más temperatura para un sublimado de calidad, ya que, en conjunto con la presión, ayuda a que la tinta se

transfiera con facilidad sobre el sustrato, además, la calidad de la tinta es valorada por la nitidez y el alto rendimiento de producción (Keiser & Tortora, 2022).

La capacidad de la inyección de tinta sobre el papel del plotter genera características especiales como intensidad del color en el diseño determinado. Según Transfer your life (2022) “Si pasa el dedo por la superficie de una placa sublimada, no sentirá nada” (p. 1). En ese sentido, la tinta no deja relieves que puedan ser palpables con el tacto sobre el papel; mantiene su superficie lisa como si no hubiera pasado por algún tipo de proceso. A su vez, al no ser fácil al tacto, son susceptibles a otros factores que alteran el color de la tinta sobre el papel, por lo que las marcas de la distorsión en la parte que fue afectada son transferibles sobre el género textil, generando un cambio notorio como una marca o mancha en la misma.

### ***1.3.2. Tipos de tejido de punto***

El tejido de punto se obtiene por la formación de bucles o mallas, además, es utilizado en gran escala por la elasticidad, peso ligero y apariencia que presenta en su uso, es decir, tiene la capacidad de tomar la forma del cuerpo, su clasificación es variada, entre los que más resalta es el jersey, material que se utiliza frecuentemente y tiene distintas mezclas de sustratos textiles que pueden ser de origen natural o artificial, y otras se encuentran al 100%, como los siguientes:

#### **1.3.2.1. Jersey de poliéster.**

El poliéster es uno de los materiales más utilizados en el área textil, por las propiedades y características fisicoquímicas que posee, destacando principalmente la estética que ofrece a los sustratos, la capacidad de alta resistencia y suavidad en su uso. Además, sobresale al ser capaz de repeler la humedad de factores externos, lo que resalta su funcionalidad para el deporte y evita las manchas en la misma, ya que, las propiedades

permiten que desarrolle la acción de alejar bacterias o microorganismos de su estructura, con el fin de evitar el desgaste rápido del sustrato (Goldade & Vinidiktova, 2017).

### **1.3.2.2. Jersey de nylon.**

Es un material que se utiliza en gran producción comercial, que va de la mano con el poliéster, tanto como en mezclas o en material puro dentro del área textil para la formación de los tejidos. El nylon al ser de origen sintético es un tejido fabricado para la sustitución de la seda, que se caracteriza por la alta elasticidad que presenta en su estructura, además, tiene la propiedad de la hidrofobicidad, el cual genera la capacidad de suspender la absorción del agua en su estructura (Kisner et al., 2013). Puede ser destinado para la fabricación de productos textiles como: calcetería y prendas deportivas, la resistencia y suavidad presentes en la misma, permite confortabilidad y comodidad para los deportistas, ya que, el nylon es más fresco que el poliéster.

### **1.3.3. El espacio del color**

El color se caracteriza por poseer un espacio propio en un plano cartesiano tridimensional, en donde se especifica por espacios positivos y negativos, aparte del blanco y negro, los cuales se encargan de establecer la intensidad o el grisáceo de los mismos. “El espacio de color indica la manera en que un color está definido y es una herramienta importante ya que permite analizar y aprovechar toda la información presente dentro de la imagen” (Alonso, 2009, p. 35). Además, el color se determina de acuerdo con los grados que se encuentra en el plano, en donde se evalúa a que tonalidad va dirigida y cuanto de porcentaje de cada color se tiene para un tejido.

Hay una variedad de espacios de color que son estudiados, cada uno con su característica propia para las diferentes áreas en los que son aplicados y por el que son

identificados los unos con los otros, de esta manera, en el área textil se tiene como principales: RGB, CMYK y entre otros.

#### **1.3.3.1. Espacio RGB.**

El estudio denominado RGB, “permite juzgar la facilidad de la dependencia de la concentración lineal del parámetro cromapostasi” (Schell et al., 2020, p. 1), el cual es una técnica que evalúa el porcentaje o grado de concentración e intensidad de la impresión de un diseño sobre un sustrato textil, de esta manera se toma en cuenta el plano cartesiano y se observa el grado de tonalidad que tiene el color de forma vectorial tridimensional, es decir, la manera de evaluación en 3D, generalmente el RGB, es común ser aplicada a gran escala en los programas de computadoras o televisores.

#### **1.3.3.2. Espacio CMYK.**

El estudio CMYK, se centra en los colores primarios como: cian, magenta, amarillo y negro, conocidos como los originarios de la creación y combinación de la gran variedad de escala de colores que existe. Es uno de los estudios más utilizados en conjunto con el RGB, a diferencia de que el CMYK es más aplicado en el área textil en los procesos de sublimación. Según Hajipour & Shams-Nateri (2021) plantean que las distintas combinaciones realizadas en el estudio CMYK, tienen un resultado eficiente en la escala de colores, es decir, son realmente reproducibles, ya que los colores que representan las siglas son tintas en estado físico para el proceso de sublimado.

#### ***1.3.4. Proceso de sublimado***

El traslado de un diseño hacia el material textil por medio de alta temperatura aplicada es una técnica elaborada para el papel transfer y el tejido determinado para el proceso, además, según Prybeha et al. (2021) menciona que “Aplica lotes de imágenes

individuales y grandes, alta resistencia al lavado, poco tiempo dedicado a la preparación y aplicación de la imagen” (p. 3), ya que, son la parte más ventajosa al realizarse el proceso de sublimación. Por otro lado, el diseño que se busca aplicar en el sustrato textil se caracteriza por presentar cualquier tipo de figura y una variedad de colores, los cuales pueden ser en tonos claros u oscuros, ya que los equipos modernos se encuentran configurados para hacer la acción determinada.

La cantidad de tinta aplicada sobre los sustratos textiles depende del tipo de diseño y densidad de la combinación de color de este para la pieza de la prenda seleccionada. Según Loo Cadena & Espinoza Cevallos (2019) mencionan “La reproducción digital suele ser más parecida a la foto original” (p. 4), es decir, ya que el diseño al ser una foto (viveza de colores), imagen de paisajes u objetos abstractos, tienen detalles que al ser mínimos no pueden ser captados a simple vista, se utiliza la dosificación de acuerdo al detalle, con el objetivo de que tenga la capacidad de ser más real. Además, al ser una técnica versátil para el proceso de sublimado, proporciona la ventaja de producción en grandes cantidades a un bajo costo, de esta manera, sobrepasando la sublimación desarrollada años atrás (Xu, 2017).

### **Figura 3**

#### *Proceso de sublimación*



*Nota:* La figura muestra el proceso de sublimación textil, en donde comienza con el diseño en un programa y se lo imprime por medio de un plotter de sublimación, de

acuerdo con el tamaño de producción, finalmente, con una plancha transfer se transfiere el diseño a la tela. Fuente: (Sawgrass, 2015).

El proceso se desarrolla con el diseño planteado y elaborado en el programa del plotter para la prenda, el cual es trasladado por un cable y enseguida se imprime en el papel transfer, el porcentaje de la tinta es de acuerdo con la intensidad del color aplicado según el diseño elegido. Una vez recortado, las piezas de las prendas y el papel transfer, se ingresa a la plancha y el papel se coloca sobre el material textil, se configura el tiempo en segundos y la temperatura de acuerdo con el tipo de tejido con el que se está realizando el modelo de la prenda, como resultado se obtiene la impresión del diseño elegido sobre la pieza del sustrato textil en cuestión de segundos, también puede demorarse hasta varios minutos, dependiendo de la composición que posea el tejido.

### ***1.3.5. Influencia de la luz sobre el color***

El color tiende a cambiar su tonalidad al estar bajo diferentes factores con referencia a la luz, como: la intensidad, reflectancia, tipo de observación dependiendo de otros factores y tipo de origen del este (luz natural o artificial). Ribagorda (2017) plantea que, por medio de la luz, se puede diferenciar no solo distintos tipos de colores en los sustratos textiles u otros objetos, sino también la textura de esta.

Además, la percepción del color sobre los objetos se toma en cuenta las partes que componen la vista, como: los conos y los bastones, los cuales son los encargados de evaluar la información del color percibido y transmitirla al cerebro, a su vez, generando el tipo del color que se ha transmitido en la reflectancia del mismo (Acosta, 2018).

**Figura 4**

*Influencia de la luz sobre el color*



*Nota:* La figura muestra el cambio de tonalidad de las paredes con la luz natural en diferentes horas del día. Fuente: (Ribagorda, 2017).

**1.3.5.1. Metamerismo**

El metamerismo es un fenómeno psicofísico, el cual es una influencia que se da en la visualización o percepción del color sobre un objeto, es decir, de acuerdo con factores externos, el color puede cambiar la tonalidad con espectros del mismo, los cuales varían hacia el factor influyente. La visión del color de una prenda bajo un tipo de luz en particular, como la luz del día, es el color adecuado o seleccionado por el colorista al momento de tinturar el sustrato textil, pero al estar dentro de una oficina o en la casa, la tonalidad o intensidad del mismo cambia por los colores del lugar y la luz de origen (Roy Choudhury, 2015).

Según Broadbent (2016) menciona “La única forma en que se puede evitar el metamerismo del iluminante, es si las dos muestras se colorean con colorantes idénticos” (p. 3), es decir, si los objetos son de colores idénticos bajo un mismo espectro de luz, la percepción de la tonalidad no cambiará ante la capacidad visual, ya que el factor del

observador los equilibra en ese mismo instante, demostrando que no hay diferencia entre los dos objetos y generando un resultado de color iguales o de forma universal.

### 1.3.5.2. Tipos de luz.

El color puede ser de un tono muy claro, muy oscuro y sus intermedios, teniendo en cuenta los factores de iluminancia a los que se encuentran sometidos. La luz natural en sí depende totalmente de la hora del día en el que se encuentre, por lo que no es totalmente constante para su uso, ya que, al pasar las horas la intensidad varía. Por otra parte, la luz artificial fue desarrollada para mantener una constancia en cualquier momento del día o la noche, de esta manera, la intensidad y el color de esta puede ser modificada, teniendo en cuenta lo que se quiere iluminar.

#### Figura 5

Fuente de luz artificial



*Fuente:* (Comité Español de Iluminación, 2004).

Adicionalmente, este tipo de luz pueden ser generada por un foco (amarilla o blanca), una linterna o lámpara, etc., al tener en cuenta los factores mencionados, el color que tiene un sustrato u otro objeto, es percibido por tonos distintos en todo momento (Blasco Espinoza, 2016).

## CAPÍTULO II

### 2. METODOLOGÍA

#### 2.1. Tipos de investigación

La investigación que se realiza para el desarrollo del estudio del proyecto de la solidez de la luz en los tejidos jersey poliéster y nylon se encuentra dentro del enfoque que se quiere conocer; la técnica y método por el cual se puede guiar para la realización de este. De esta manera, el estudio se caracteriza por cumplir determinadas etapas del proceso como: la investigación de cada término, la aplicación de variables para llevarse a cabo y el análisis de los datos obtenidos; a su vez, el proceso detallado paso por paso para la obtención de resultados y conclusiones. Además, la especificación del proceso de investigación (del comienzo a la finalización) es de gran importancia, ya que, al tener toda la información sustancial, se pueden realizar cambios en los pasos donde se necesite y si es necesario, para la obtención de resultados más acertados.

##### 2.1.1. *Enfoque de investigación*

El enfoque del proyecto de la solidez del color a la luz se dirige prácticamente a la investigación cuantitativa por la colorimetría de los sustratos textiles, misma que se encarga de un estudio que permite el manejo de datos numéricos sobre un determinado

objetivo planteado a desarrollarse, por lo que, al obtener los datos correspondientes, se llega a un resultado definitivo. Trujillo et al. (2019) plantean que el enfoque cuantitativo, es un estudio que ha permitido la realización de analizar los datos obtenidos matemáticamente, por lo que es el más utilizado en las investigaciones actuales, y con ayuda de equipos innovadores, son una optimización de tiempo para la obtención de resultados. Por consiguiente, se caracteriza especialmente para investigaciones con dirección a datos numéricos, y por efecto ser analizadas en softwares estadísticos.

### ***2.1.2. Método de investigación***

Los métodos de investigación que se utilizan para el desarrollo del estudio de la solidez se realizan en torno al método inductivo, deductivo y experimental, por lo que el uso de este ayuda a la obtención de resultados verídicos y con datos confiables.

#### **2.1.2.1. Método inductivo.**

En el ensayo de la solidez del color a la luz, el método inductivo es un razonamiento, el cual se centra en los resultados lógicos y metodológicos, teniendo en cuenta las características de la propuesta de la prueba o ensayo (Abreu, 2014), es decir, es un método que apoya las premisas de las conclusiones de un estudio de investigación, pero al ser un razonamiento no garantiza la veracidad del mismo, por otra parte, también permite el generar las propias conclusiones del mismo tema.

#### **2.1.2.2. Método deductivo.**

El método deductivo, es un proceso o análisis, en el cual se deducen los resultados que se pueden obtener de enunciados o pruebas realizadas con anterioridad, pero aun así se necesitan datos, pruebas y ensayos más actualizados para su respectiva demostración (Puebla, 2010). Por ende, la demostración práctica de la investigación es un punto

sustancial para confirmar lo que se ha mencionado. Por otra parte, el método deductivo en el presente estudio de la solidez a la luz es un indicio de los resultados de la degradación del color al tener distintas temperaturas y diferentes tiempos de exposición a la luz.

### **2.1.2.3. Método experimental.**

El método experimental, es la unión de los métodos o razonamientos deductivo e inductivo, de los cuales se obtienen resultados con un alto nivel de confiabilidad para los ensayos, por otro lado, la prueba de la solidez del color a la luz, la verificación de telas jersey por el método químico si son 100% puras, determinan la continuidad del ensayo y la obtención de resultados verídicos. Es un método en el que la persona da paso a las condiciones y herramientas necesarias para realizar el estudio (Roy, 2016, p. 7). Es decir, al tener las formulaciones teóricas para una investigación, la persona busca o formula ideas para realizar la parte experimental y verificar el plano teórico ya establecido.

### **2.1.3. Técnica de investigación**

Las técnicas utilizadas en los estudios sirven para tener un control de la cantidad de datos que se obtiene y de su organización. Se pueden enumerar las técnicas de campo y experimental.

#### **2.1.3.1. Técnica de campo.**

La técnica de campo implica la observación de los sucesos de las hipótesis o problemas planteados de un tema en el lugar de origen, en conjunto con el desarrollo de la práctica realizada de las herramientas, condiciones y variables, por lo que, al recibir la mayor cantidad de información de datos, se genera nueva información por la unión de los enfoques, métodos y técnicas en un proyecto (Ametrano, 2019). En el ensayo de la solidez

a la luz, se observa todo el proceso de la aplicación de variables en cada una de las probetas de los dos tejidos jersey, con el objetivo de que sean los correctos y en los análisis evitar futuros errores para la respectiva comparación.

### **2.1.3.2. Técnica experimental.**

Se utiliza la técnica experimental, como un tipo de verificación de un estudio planteado sobre un tema determinado, teniendo a la mano las variables correspondientes para el desarrollo del experimento. El objetivo, es observar el cambio de los datos de las variables del proyecto de la solidez del color a la luz, como: temperatura, presión y tiempo, como otras variables que pueden surgir de acuerdo al problema planteado, (Marín Galeano, 2019); es decir, la aparición de nuevas inquietudes para otros proyectos relacionados al mismo tema.

## **2.2. Normas de referencia**

### ***2.2.1. ISO 105 B02 Solidez del color a la luz artificial: prueba de lámpara de desvanecimiento por arco de xenón***

La norma se establece para la evaluación de la solidez que tiene el color en los sustratos textiles, con referencia al factor de la luz al que son sometidas día a día. De esta manera, se evalúa el cambio de tonalidad de las probetas después del tiempo de exposición determinado acorde a la especificación de la norma, por lo tanto, el análisis se lo realiza de acuerdo a una escala en la que determina el grado del cambio de tonalidad de un sustrato textil (NTE INEN ISO 105 B02, 2014). Es decir, el análisis de los resultados verifica si el cambio es muy alto o bajo en comparación con el color inicial de la muestra.

La norma ISO 105 B02, se caracteriza por tener dos escalas de azules para la evaluación del cambio de color en los objetos, de las cuales, la más utilizada es la europea

que va del 1 al 8 según la prueba a realizarse. Existen dos equipos para el ensayo, en donde uno se caracteriza por la refrigeración por aire y el otro por agua, los cuales se diferencian por 3 partes en todo el equipo: fuente de luz, filtro de luz y filtro de calor.

### **Figura 6**

*Trufade - Equipo de prueba de solidez del color a la luz*



*Fuente:* (James Heal, 2022).

#### **2.2.1.1. Aparato con lámpara de arco de xenón refrigerado por agua.**

El ensayo técnico ecuatoriano (NTE INEN ISO 105 B02, 2014) tiene determinado realizar el estudio de la solidez del color a la luz, por equipo trufade con lámpara de arco de xenón refrigerado por agua, el cual se caracteriza por las siguientes partes fundamentales:

- **Fuente de luz.** Lámpara de 220W
- **Temperatura:** 36°C
- **Humedad:** 45%

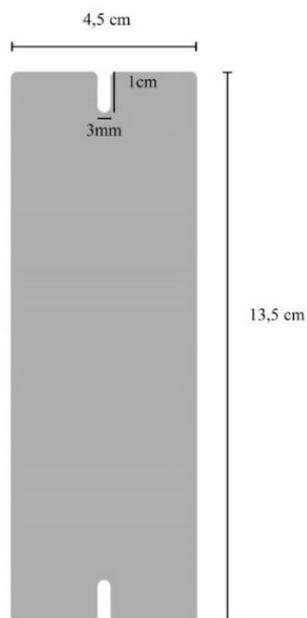
- **Filtro de luz.** La transmitancia del filtro debe ser mínimo del 90% entre 380 nm a 750 nm, o una reducción de 0 entre 310nm a 320 nm.
- **Irradiancia.** 40-50 W/m<sup>2</sup>.

#### 2.2.1.2. Probetas.

De acuerdo con el método de exposición a la luz a realizarse, las probetas tienen unas dimensiones de medida especificadas, por lo tanto, al colocar las muestras en el interior del equipo, estas son ingresadas en conjunto con el cartón especificado en la norma como un soporte y ayuda en el ensayo. El modelo de las ranuras de las tapas o máscaras va de acuerdo con el método más adecuado o tipo de ensayo a realizar. Las probetas o muestras se recortan de acuerdo con las dimensiones especificadas en la norma del método de exposición elegido (13,5 cm de longitud por 4,5 cm de ancho del método 1), por consiguiente, la máscara a utilizar es la que tiene 2 ranuras.

### Figura 7

*Dimensión de las probetas del ensayo*

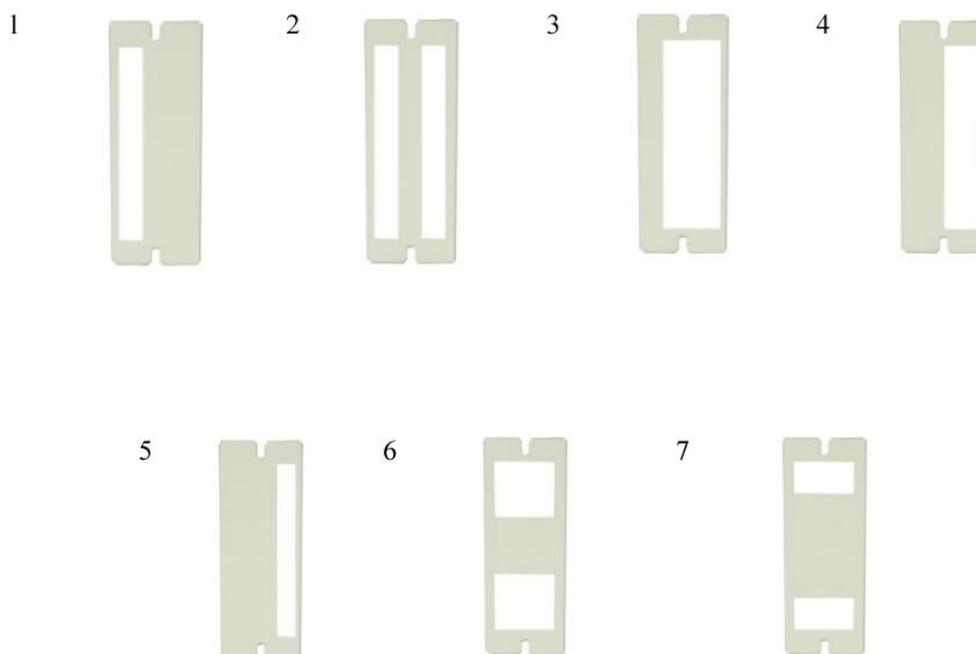


*Fuente: Elaboración propia*

La **Figura 8** presenta las máscaras, tapas o ranuras que se utilizan para el ensayo de la solidez del color a la luz, esto de acuerdo con el método a utilizar. La máscara 1 tiene una cobertura de los 2/3 y la 2 una cobertura de 1/3, generalmente las más utilizadas y son del método 1 de exposición, las máscaras 3, 4 y 5, pertenecen al método 2 de exposición, las tapas son utilizadas bajo la norma ISO 105 B02, por otra parte, la 6 y 7, son para el ensayo de la norma AATCC.

### **Figura 8**

*Máscaras o tapas para el ensayo de la solidez a la luz*



Fuente: (James H. Heal, 2013)

#### **2.2.1.3. Calificación o evaluación de la solidez del color a la luz.**

La evaluación es la comparación entre la superficie que ha sido expuesta a la luz y el lado que no se sometió al proceso, en donde se observa el cambio de tonalidad o degradación del color del sustrato. Por otra parte, la evaluación puede ser realizada por 2

escalas, la de azules y grises, en donde la más utilizada es la segunda (NTE INEN ISO 105 B02, 2014).

Para la obtención de resultados verídicos, antes de realizar el ensayo de la solidez del color a la luz, las probetas ya sometidas a la exposición de luz del arco de xenón se colocan en un ambiente donde no estén expuestas a la luz por un tiempo de 24 horas con una temperatura ambiente de 21°C a 23°C, con el objetivo de no generar errores en los análisis.

La evaluación de la degradación del color o cambio de tonalidad en una muestra de un sustrato textil es por medio de la escala de grises acorde ISO 105 A02, la cual es una de las más utilizadas en el espectrofotómetro por la precisión de la medición en los resultados. La calificación es de 1 a 5, en donde 5 es el valor que indica que no ha perdido el color y el 1 que ha perdido la mayoría de este; es decir, el 5 es una calificación excelente y el 1 es deficiente.

### Figura 9

#### *Escala de grises*



*Fuente: Propia*

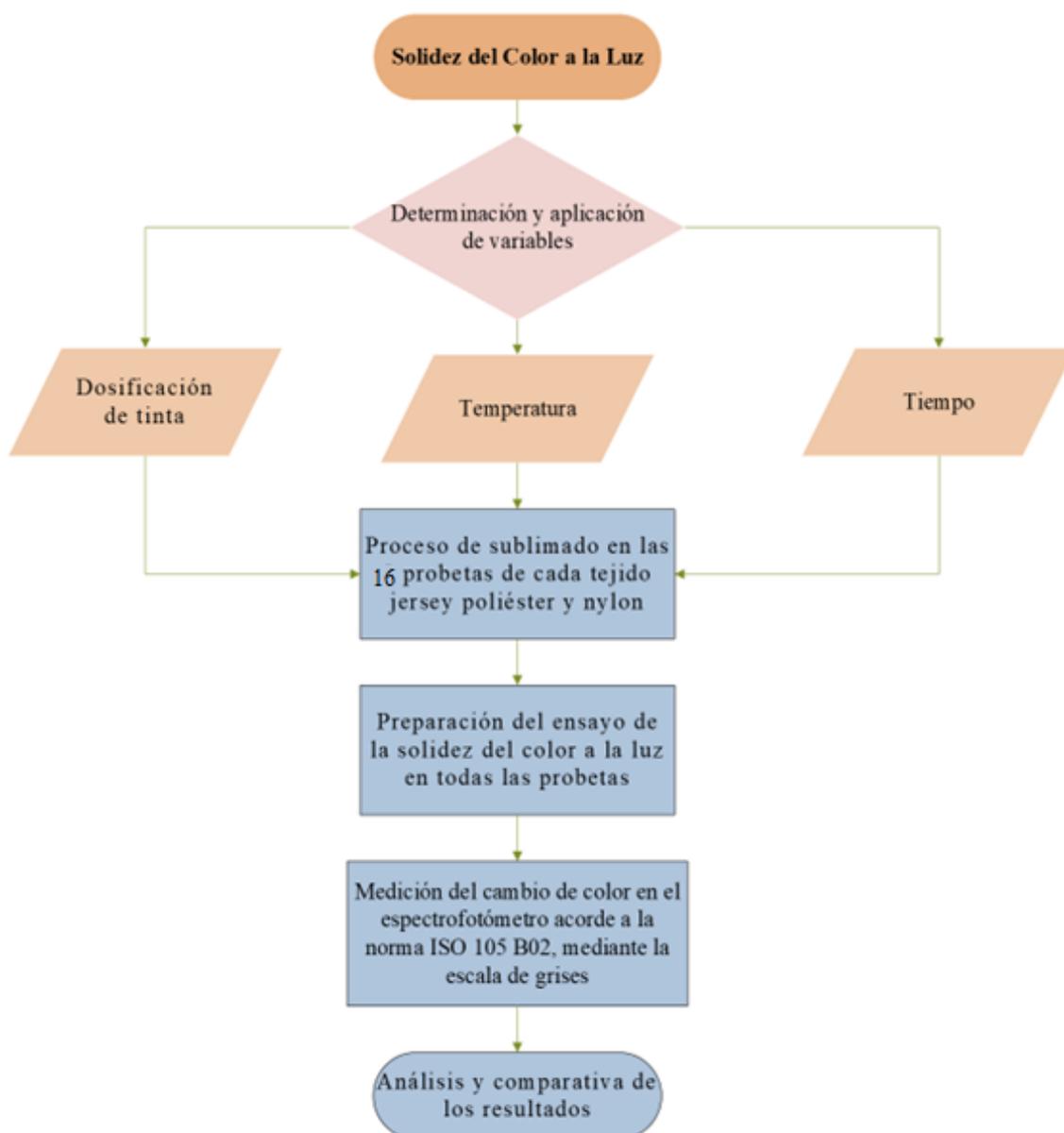
## 2.3. Flujogramas

### 2.3.1. Flujograma general

El flujograma muestra el proceso general del estudio de la solidez del color a la luz, con sus respectivas variables planteadas (dosificación de tinta, temperatura y tiempo).

**Figura 10**

*Flujograma general del ensayo de la solidez del color a la luz*



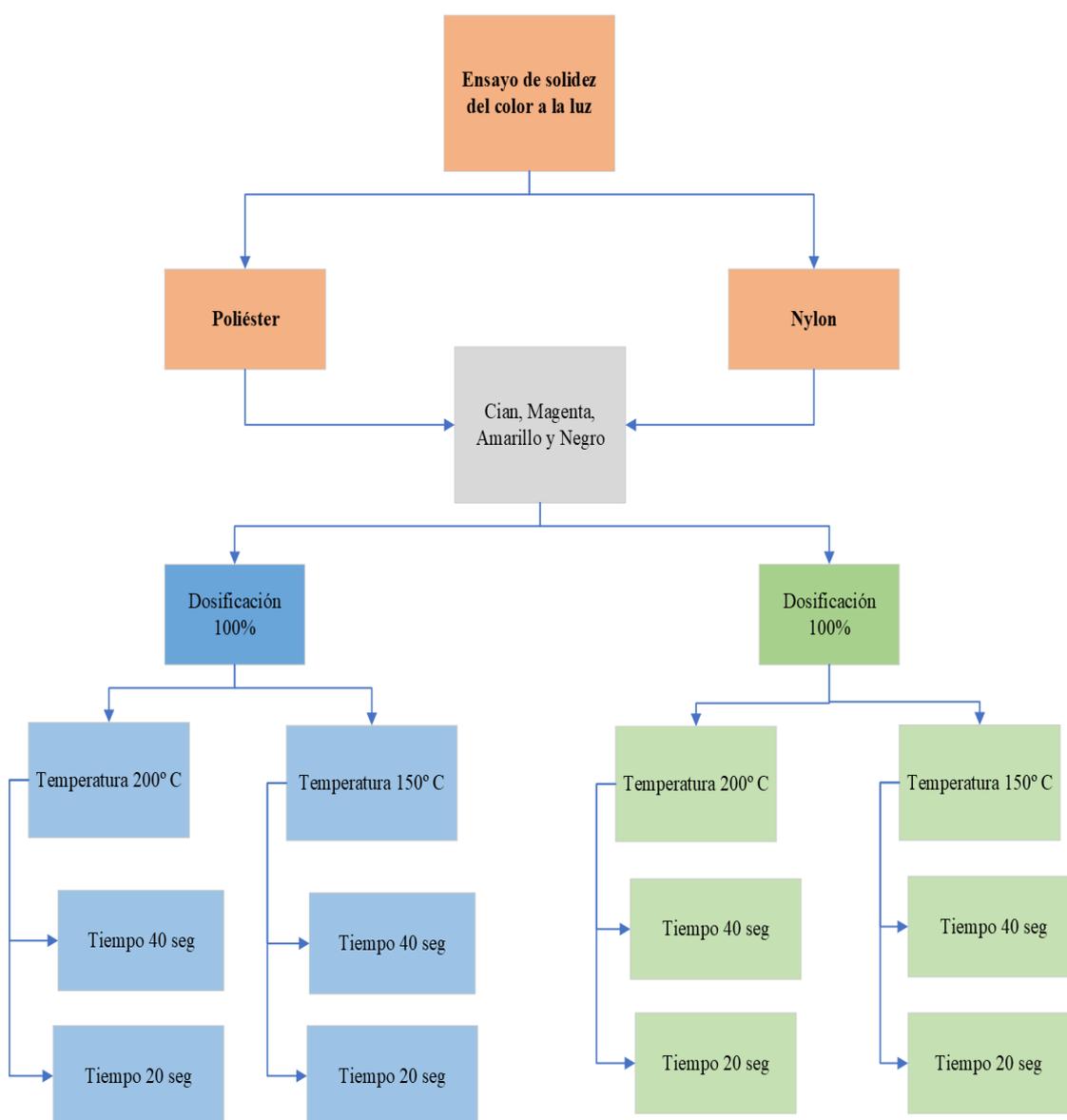
Fuente: Elaboración propia

### 2.3.2. Flujograma muestral

A continuación, se detalla el flujograma muestral de los dos tejidos jersey poliéster y nylon con sus respectivas variables. Las probetas se basan en la dosificación de tinta al 100% en los 4 colores, ésta se divide en 2 temperaturas de 200°C y 150 °C a 40 y 20 segundos.

**Figura 11**

*Flujograma muestral del tejido jersey poliéster y nylon*



Fuente: Elaboración propia

## 2.4. Equipos y materiales

### 2.4.1. *Plotter de sublimación*

El plotter de sublimación correspondiente a la serie “SURECOLOR” F6370, es una serie reciente, el cual es capaz de realizar una impresión con nitidez de cualquier diseño seleccionado o realizado en el programa de Adobe “Illustrator” o Photoshop, eso de acuerdo con el tipo de sublimado. A su vez, al ser un equipo de la marca Epson, tiene sus tintas originales para el proceso, es decir; no se puede hacer uso de otro tipo de tintas de otras marcas, ya que al tener componentes diferentes en su estructura de las partículas que las componen, da la posibilidad de perjudicar las partes mecánicas internas del equipo (Rigid Photo Optimized, 2019).

#### **Figura 12**

##### *Plotter de sublimación*



*Fuente: Propia.*

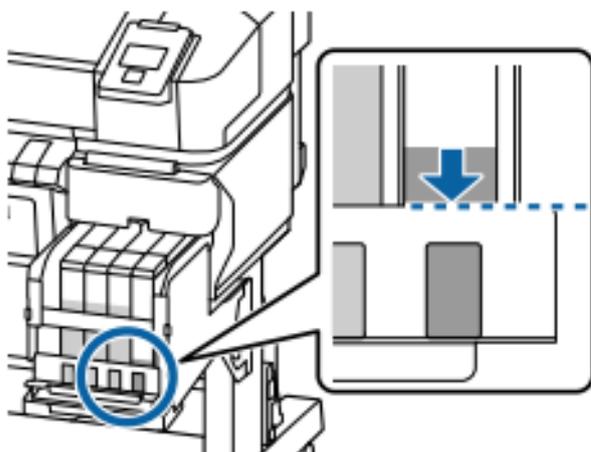
La información obtenida de (Epson, 2022a), todos los equipos textiles, tienen su propio manual de funcionamiento, el cual brinda información sobre las condiciones y configuración a realizarse antes del comienzo de una producción, por lo tanto, las directrices del uso del plotter de sublimación son las siguientes:

- Temperatura ambiente constante del lugar para la obtención de colores consistentes en la impresión.
- Mantenimiento del equipo con la frecuencia de uso o los intervalos recomendados, para no reducir la calidad de la impresión.
- Espacio libre de polvo o pelusa, para no obstruir los inyectores del cabezal de impresión.

La calibración del equipo se realiza en la instalación de este; es decir, el programa se encuentra vinculado al plotter de sublimación desde el comienzo. El manejo del cambio de papel se realiza antes de una impresión, caso contrario, el equipo se desconfigura y se produce un déficit en el tiempo de producción, ya que, se deberá llamar a soporte técnico en caso de no encontrar el código del equipo (Epson, 2022a).

### ***Figura 13***

#### *Nivel de tinta en el plotter de sublimación*



*Nota:* La figura muestra el lugar donde se puede observar el nivel de tinta que tiene el tanque, en donde si sobrepasa el borde señalado, se sigue imprimiendo hasta llegar a 1,9 pulgadas de la base y rellenar el tanque. Fuente: (Epson, 2022a)

#### **2.4.2. Plancha de sublimación**

La sublimadora es una plancha o prensa de transferencia térmica, es el modelo Metalnox EL900 de la marca Serimax, el cual tiene las características de cambiar el tiempo y la temperatura al momento de realizar el proceso de sublimación. Además, al ser una máquina semiautomática, según Color Make (2020) “Debido a un sistema electromagnético, permite que la prensa se levante automáticamente al terminar el tiempo establecido” (p. 10), por lo tanto, al levantarse la plancha del sustrato, también avisa por medio de un sonido leve, para informar que ha terminado el proceso de la transferencia del diseño al material textil.

#### **Figura 14**

*Sublimadora o plancha transfer – modelo EL900*



*Fuente: Propia.*

Los ajustes o calibración del equipo, se lo realiza antes del proceso, por lo que los parámetros del tiempo y la temperatura se establecen con anterioridad, por otro lado, se tiene en cuenta el tipo de tela a estampar, como: grosor, calidad y textura, los cuales son condiciones que influyen al momento de la transferencia de los colores (Sign Products, 2020). Es decir, al momento de tener más grosor en su estructura el textil, necesita más tiempo de exposición al calor para transferirse con totalidad el diseño seleccionado.

La dimensión de la plancha transfer o sublimadora es de 70 x 110 cm, se caracteriza principalmente por tener la capacidad de modificar el tiempo y la temperatura para el proceso de sublimación, esto para tener calidad en el producto final y no generar manchas en los mismos, ya que, los tejidos puros y con mezclas, no se trabajan a la misma temperatura y tiempo de exposición al calor. Además, las partículas de la tinta de sublimación, en el proceso de la presión y calor, se transforman de sólido a gaseoso y viceversa, al terminar en el tiempo establecido (Sawgrass, 2015).

### **Figura 15**

*Control de temperatura y tiempo*



*Fuente: Propia*

La plancha transfer o sublimadora, forma parte de los equipos industriales manuales por su dimensión, ya que, permite una producción mayor y optimización de tiempo por la facilidad de uso. “El equipo posee resistencia fundida en aluminio y dos controladores digitales de tiempo y temperatura, para garantizar total uniformidad de temperatura en la plancha, garantizando así, excelente transferencia de colores en las piezas” (Metalnox, 2018, p. 14).

### 2.4.3. *Trufade*

El equipo trufade, se utiliza para el desarrollo de ensayos o pruebas de la solidez del color que tiene un sustrato textil con relación a la exposición de la luz, por consecuencia, se somete un número de probetas en un tiempo determinado bajo la luz de una lámpara que simula la luz del sol. Además, el software del equipo es desarrollado para que sea manipulado con facilidad, el cual muestra si los parámetros se encuentran dentro de la tolerancia de lo especificado en la norma, caso contrario, da un aviso que no está funcionando bien o se descalibró el equipo (James Heal, 2022).

A su vez, según Light & Tester (2022) el equipo se encuentra caracterizado generalmente por:

- Tiene nueve porta muestras, cada una con tres caras para una carga de 27 probetas, con un área de exposición de 1640 cm<sup>2</sup>.
- Fácil edición de estándares preprogramados, y creación de condiciones de prueba personalizadas.
- Panel de control de pantalla táctil simple e intuitivo.
- Radiómetro SolarSens, que incorpora Black Standard Thermometer (BST).
- Tecnología de lámpara de xenón enfriada por aire de alto rendimiento.
- Modos de funcionamiento controlados por potencia nominal e irradiancia.
- Cumplimiento con los estándares internacionales de prueba para los textiles y cuero.
- Control estricto de la temperatura y la humedad de la cámara.

El equipo “requiere de un suministro continuo de agua destilada o agua que cumpla con la norma ISO 3696, grado mínimo tres” (James H. Heal, 2013), es decir, el

equipo al ser con lámpara de xenón refrigerado por agua se necesita de agua para lograr el grado de humedad requerido que es el 45%, de modo que la máquina mismo avisa si es necesario el ingreso de más agua para continuar con el ensayo. Por consiguiente, las condiciones de funcionamiento en el proceso van en los intervalos de 36°C y 45% de humedad relativa.

### **Figura 16**

#### *Suministro de agua*



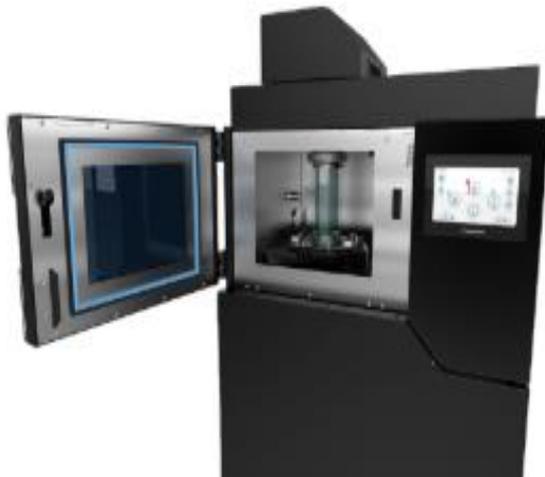
*Nota:* En la figura se muestra el depósito de agua interno del equipo, el cual se suministra hasta la marca que tiene internamente y obtener la humedad requerida para el tiempo de exposición de las muestras. Fuente: (James H. Heal, 2013).

Los modelos del equipo van desde porta muestras de una cara hasta tres caras, siendo la de tres lados el último modelo, facilitando el ingreso de un número mayor de probetas para los ensayos de la solidez y con un fácil acceso a la cámara del equipo. Además, al tener un carrusel interior, permite que el ingreso del porta muestras sea manejable, optimizando el tiempo para la carga de las probetas en el equipo.

A continuación, la **Figura 17** muestra la ubicación de la lámpara de xenón en el equipo, en donde las muestras se colocan a su alrededor, con el objetivo de que cada probeta reciba la misma exposición a la luz y no exista variedad en las mismas.

### Figura 17

*Lámpara y carga de muestras*

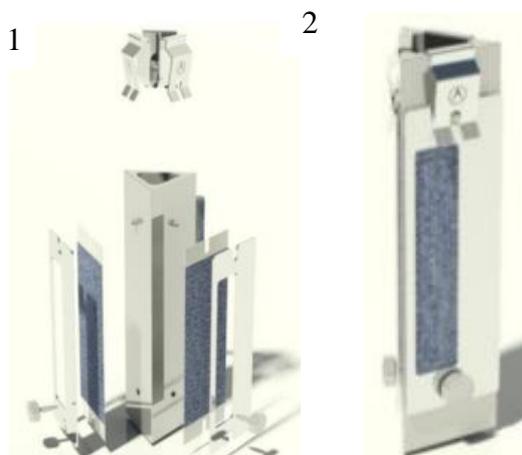


*Fuente: (James Heal, 2022)*

La **Figura 18** muestra el porta muestras de 3 caras con las muestras y las tapas del equipo. En la 1 muestra las partes del porta muestras, como el cuerpo principal, las máscaras de las probetas y los clips de las máscaras. En la 2, muestra como es la probeta colocada correctamente con la muestra del sustrato, la máscara especificada según la norma y el seguro en la parte posterior.

### Figura 18

*Porta muestras de 3 lados del equipo Trufade*



*Fuente: (James H. Heal, 2013).*

#### ***2.4.4. Espectrofotómetro de color***

El espectrofotómetro, es un equipo que, por medio de ondas electromagnéticas, permite obtener datos de la cantidad de colores primarios que tienen un objeto determinado, es decir, en que espacio tridimensional del color se encuentra un sustrato textil, por lo tanto, se encarga de realizar el análisis por el espacio de color CIELAB. La información sobre la iluminancia, el croma y el matiz de los colores, se basa en la colorimetría, ya que, la evaluación es de acuerdo a la reflectancia y exactitud de la medida de la misma (Biedma Gonzáles, 2019).

Para la observación de la obtención de la información del color de un sustrato, el equipo se lo conecta con un monitor, en el cual demuestra el espacio tridimensional del color y la onda de cada uno de los colores. La configuración o los ajustes son realizados desde el comienzo de su aplicación, como una norma general para las pruebas siguientes, modificando la automatización de acuerdo al tipo de tejido, como: fluorescentes o sin brillo (X-Rite, 2013).

#### **Figura 19**

*Espectrofotómetro textil i5 X-Rite*



*Fuente: Propia*

3.4.4.1. Símbolos del análisis CIELAB en el espectrofotómetro:

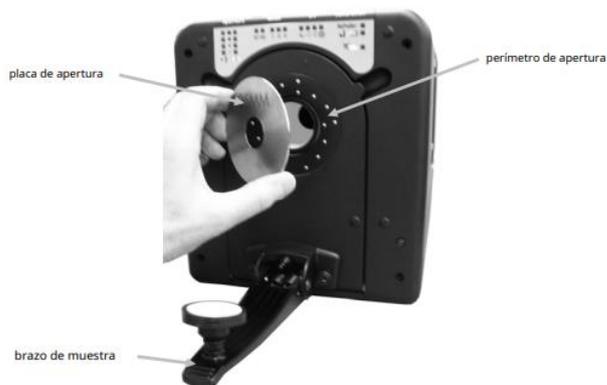
- L\*Claro y oscuro
- a\* Coordenadas de color rojo y verde

- $b^*$  Coordenadas de color amarillo y azul
- $c^*$  Croma
- $h^*$  Matiz

Los datos obtenidos del sustrato textil, se los guarda en un formato de Excel, para de esta manera, ser analizados en el software estadístico el cambio de color entre la muestra final con la inicial. Los discos de apertura tienen presentaciones de: 25, 10 y 6 mm, en donde son utilizados de acuerdo con el diseño de color que tiene un textil, es decir, si el tejido tiene un diseño militar, es necesario la apertura de 6 mm para un análisis más exacto. Por otra parte, si la tela tiene un diseño simple con un mínimo de uno o dos colores, se puede utilizar el disco de 25 o 10 mm.

### Figura 20

#### *Montaje del disco de apertura*



*Nota:* La figura muestra el lugar donde se colocan los discos de apertura, según el diseño en el sustrato textil para analizar (variedad de colores en un solo tejido). Fuente: (X-Rite, 2013)

La **Figura 21**, presenta las partes de la apertura de la puerta del espectrofotómetro, en donde es colocado la probeta del estudio y el disco de apertura para el análisis correspondiente.

**Figura 21***Apertura de la puerta de muestras**Fuente: (X-Rite, 2013)***2.4.5. Materiales**

A continuación, se detalla la caracterización de los tejidos tanto del poliéster como del tejido de nylon utilizados para la elaboración del proyecto, mismos que comparten características similares.

**Tabla 1***Características del tejido Poliéster (Pes) y Nylon (Pa)*

<b>Tejido</b>	<b>Poliéster</b>	<b>Muestra</b>
Composición	Poliéster 100 %	
Tejido	Jersey	
Gramaje	150.77	
Ancho de tejido	1.50 m	
Título de tejido	100 den	
<b>Tejido</b>	<b>Nylon</b>	<b>Muestra</b>
Composición	Nylon 93%, 7% Elastano	
Tejido	Jersey	
Gramaje	145.77	
Ancho de tejido	1.50 m	

*Nota:* Pes es la abreviatura textil que se utiliza para la fibra de poliéster, y Pa es la abreviatura textil que se utiliza para la fibra de nylon o poliamida. Fuente: Propia

## 2.5. Procedimiento

### 2.5.1. Determinación y aplicación de variables

Las variables que se tienen en cuenta para el estudio son: la dosificación de tinta, temperatura, tiempo y composición del tejido a evaluar, los cuales son puntos importantes para el desarrollo de este.

#### 2.5.1.1. Variable de dosificación de tinta.

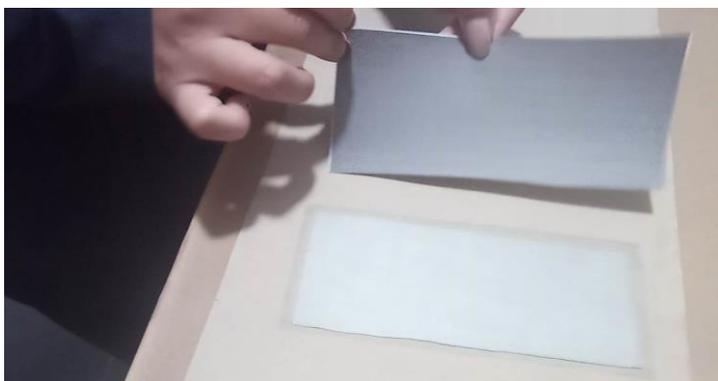
La dosificación de tinta es una variable estática para determinar si es un causante para el cambio de tonalidad, por consiguiente, el 100% de pureza configurado en el programa Adobe “Illustrator” para cada color: cian, magenta, amarillo y negro, es aplicado en las 16 muestras de los tejidos jersey poliéster y nylon.

#### 2.5.1.2. Variable de temperatura.

Es un parámetro que ayuda a determinar la calidad del transporte de tinta hacia el sustrato, es decir, los tejidos tienen sus propias características en relación a la capacidad de soportar la intensidad de calor en un proceso. La temperatura determinada es de 150°C y 200°C en las 32 probetas de poliéster y nylon, es decir, 16 muestras para cada temperatura con la dosificación de tinta establecida.

### Figura 22

*Prueba de sublimación con la temperatura a 100° C*



*Fuente: Propia*

La temperatura de 150°C se estableció en el estudio, porque se observó que una temperatura menor de 100°C, la tinta no se adhiere en su totalidad al sustrato textil, por consecuencia, esta temperatura, transfiere un 50% de color a la muestra con el tiempo de exposición de 20 segundos.

### 2.5.1.3. Variable de tiempo.

El tiempo, es un factor que determina la cantidad de minutos o segundos, en el que va a estar sometido una probeta a la temperatura especificada, o que se ha dispuesto realizar en el estudio. La variable de tiempo empleada para las probetas es de 40 segundos y 20 segundos para las dos temperaturas de 200°C y 150° C.

**Tabla 2**

*Variables del material poliéster y nylon*

Tejido	Color de Tinta Epson	Config. Illustrator	Temperatura (°C)	Tiempo (segundos)
Poliéster Nylon	Cian	100% Puro	200	40
				20
			150	40
				20
				40
				20
	Magenta	100% Puro	200	40
				20
			150	40
				20
				40
				20
Amarillo	100% Puro	200	40	
			20	
		150	40	
			20	
			40	
			20	
Negro	100% Puro	200	40	
			20	
			40	
		150	20	

*Fuente: Propia*

#### **2.5.1.4. Variable de composición.**

Permitirá determinar si es un factor que puede afectar al cambio del color, en este caso, al ser dos tejidos sintéticos, el sustrato del poliéster tiene una concentración del 100%, es decir, no se encuentra mezclado con ningún otro tipo de material, por otro lado, el nylon es un tejido que tiene la composición de 93% nylon y 7% elastano. El tipo de fibra en el tejido influye en las condiciones de sublimado, además de tomar en cuenta las propiedades fisicoquímicas de la misma.

El poliéster se caracteriza por su tolerancia a una temperatura de 200°C, y el nylon oscila una permisividad hasta los 190°C, de esta manera en conjunto con el tipo de tejido, se evaluará la intensidad del color y la degradación de este.

### **2.6. Pruebas de laboratorio**

#### ***2.6.1. Prueba de solidez a la luz – ISO 105 B02 método de arco de xenón***

La calibración del equipo, solo se lo realiza cuando es necesario y el mismo equipo da aviso en caso de necesitarlo. El proceso para la calibración es por medio de una tela roja y un porta muestras de 3 lados, los cuales son utilizados con el manual que tiene el mismo. Por otro lado, para establecer lo que es el tiempo, la irradiancia y la temperatura para la prueba respectiva, el equipo cuenta con un software en el que se encuentran grabadas 4 normas, como: ISO 105 B02 y AATCC 16 opción 3, en donde los parámetros necesarios y correspondientes para el desarrollo de la prueba se configuran automáticamente al elegir la norma que se va a utilizar.

El ingreso del número de probetas permitidos en el equipo es de 27, cada una de ellas tiene un cartón con la misma dimensión, el cual no tiene brillo en ninguno de los lados, para no alterar la prueba de la solidez con el objetivo de sostener el sustrato textil y evitar las arrugas, u otro tipo de inconveniente dentro del proceso. El proceso de la

prueba tiene varios métodos para su desarrollo, donde cada uno de los métodos tiene las cáscaras o tapas correspondientes para los mismos. La cáscara más utilizada para la prueba de la norma ISO 105 B02, tiene doble ranura en toda la cobertura, que se encuentra especificada para el método 1 de exposición, cabe mencionar que el tiempo de exposición es de 40 horas.

### Figura 23

*Condiciones del Trufade*



*Fuente:* Propia

Al finalizar el tiempo estipulado en el equipo trufade, se extraen las muestras y se espera el tiempo de acondicionamiento para ser analizadas en el espectrofotómetro por medio de la escala de grises el cambio de tonalidad que se ha obtenido al estar sometidos a la luz del arco de xenón. Por consiguiente, al terminar de calificar cada una de las probetas, se realiza el análisis de confiabilidad de los valores entre el color estándar y la degradación de estas mediante tablas y gráficos, adicionalmente, se procede con la interpretación comparativa de los cuatro colores de tinta Epson entre los dos tejidos jersey poliéster y nylon.

## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 3.1. Resultados

En este apartado, se muestran los resultados de las pruebas cuantitativas realizadas en el equipo Trufade, aplicando la norma ISO 105 B02 de la solidez del color a la luz, tomando en cuenta los valores obtenidos del espectrofotómetro a detalle de cada color en los dos tejidos (poliéster y nylon) mediante tablas y gráficos estadísticos.

##### *3.1.1. Resultados de la solidez del color en el espectrofotómetro*

Las 32 probetas empleadas en el ensayo de investigación con sus respectivas variables son expuestas con todas las especificaciones de tiempo de exposición, temperatura y humedad relativa realizadas según la norma, los resultados del cambio de color o solidez de este son evaluados mediante el espectrofotómetro textil X-RITE i5, aplicando la escala de grises.

A continuación, se presentan las 16 probetas de poliéster “C-D” y de nylon “A-B” con la temperatura de 200° C. De esta manera, A y C representan las muestras con el tiempo de 40 segundos. Por otra parte, B y D son las que tienen el tiempo de 20 segundos de sublimado.

**Figura 24**

*Resultados de la solidez a la luz entre poliéster y nylon 200° C*

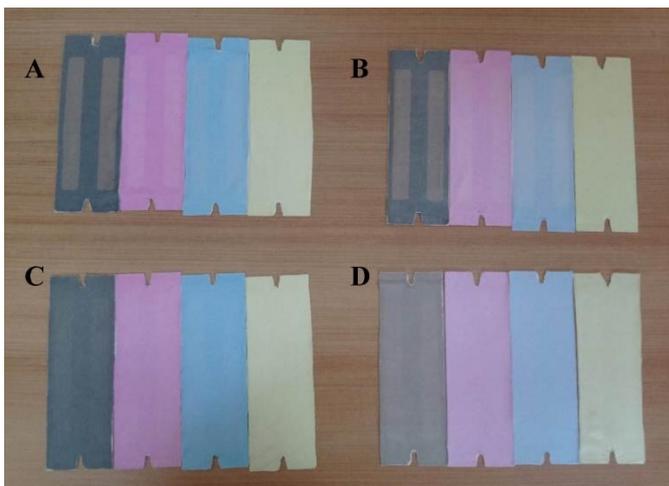


*Fuente: Propia*

En la **Figura 25** se muestra las 16 probetas entre poliéster y nylon a 150° C. En donde A y C presenta el tiempo de 40 segundos, y las letras B y D son las muestras con 20 segundos de sublimado.

**Figura 25**

*Resultados de la solidez a la luz entre poliéster y nylon a 150° C*



*Fuente: Propia*

A continuación, se muestran los resultados de la solidez del color a la luz mediante la escala de grises aplicada en las 32 muestras, con las variables especificadas para el ensayo entre poliéster y nylon.

**Tabla 3**

*Grado de solidez del color entre poliéster y nylon*

Color de tinta Epson	Dosificación de tinta	Valoración a 200°C/40s		Valoración a 200°C/20s		Valoración a 150°C/40s		Valoración a 150°C/20s	
		Pes	Pa	Pes	Pa	Pes	Pa	Pes	Pa
<b>Cian</b>	100%	4	2,5	4	2,5	4	2	3,5	1,5
<b>Magenta</b>	100%	5	3,5	4,5	4	4	2	4	1,5
<b>Amarillo</b>	100%	5	5	4,5	4,5	4,5	3,5	4,5	3,5
<b>Negro</b>	100%	4,5	2	4	1,5	4	1	3,5	1

*Fuente:* Propia

La **Tabla 4** muestra la medición de los valores del color inicial o estándar de las muestras de los cuatro colores con la temperatura de 200° C a 40 segundos y de 150° C a 20 segundos aplicados en el proceso de sublimación.

**Tabla 4***Intensidad de color estándar del poliéster y nylon de 200° C y 40 s*

Eje	Cian		Magenta		Amarillo		Negro	
	Pes	Pa	Pes	Pa	Pes	Pa	Pes	Pa
L*	58,59	57,76	49,92	48,89	85,39	86,94	26,44	29,55
a*	-14,63	-8,68	60,78	56,58	-7,93	-8,89	0,47	3,37
b*	-38,89	-35,29	-4,05	-12,01	79,05	69,66	-2,64	-2,61
c*	41,55	36,34	60,91	57,84	79,45	70,23	2,68	4,26
h°	249,38	256,19	356,29	348,02	95,73	97,27	280,05	322,21

*Fuente: Propia*

A continuación, se muestra el cambio de color que se ha obtenido en las muestras de 200° C a 40 segundos aplicados en el proceso de sublimación, las cuales fueron sometidas en el Trufade y evaluadas en el espectrofotómetro.

**Tabla 5***Resultado de la solidez del color Pes vs Pa de 200° C a 40 s*

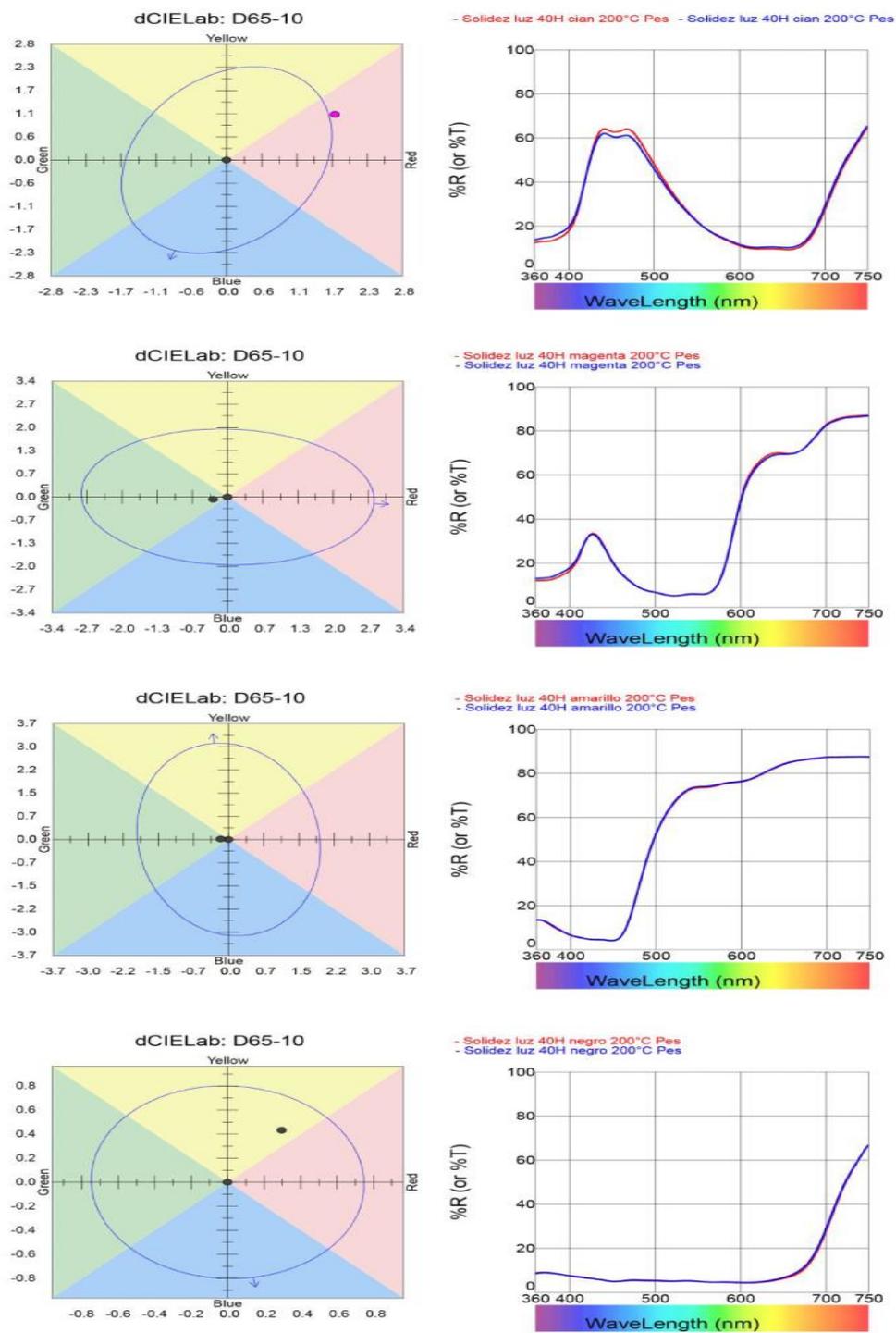
Eje	Cian		Magenta		Amarillo		Negro	
	Pes	Pa	Pes	Pa	Pes	Pa	Pes	Pa
L*	-0,47	-0,62	-0,32	1,41	0,17	0,24	0,35	4,45
a*	1,74	3,23	-0,28	-3,51	-0,17	-0,23	0,3	3,21
b*	1,11	4,83	-0,07	0,68	0,01	-0,09	0,43	5,7
c*	-1,63	-5,4	-0,27	-3,58	0,03	-0,06	-0,34	3
h°	1,26	2,15	-0,09	-0,07	0,17	0,24	0,39	5,81
DEcmc	1,08	2,88	0,18	1,46	0,11	0,26	0,72	8,57

*Fuente: Propia*

A continuación, se muestra el cambio de color en el diagrama-espacio CIELAB, donde se observa la dirección del color después de la evaluación del tejido poliéster en el espectrofotómetro.

**Figura 26**

*Resultado de cambio de color del tejido poliéster a 200° C y 40 s*

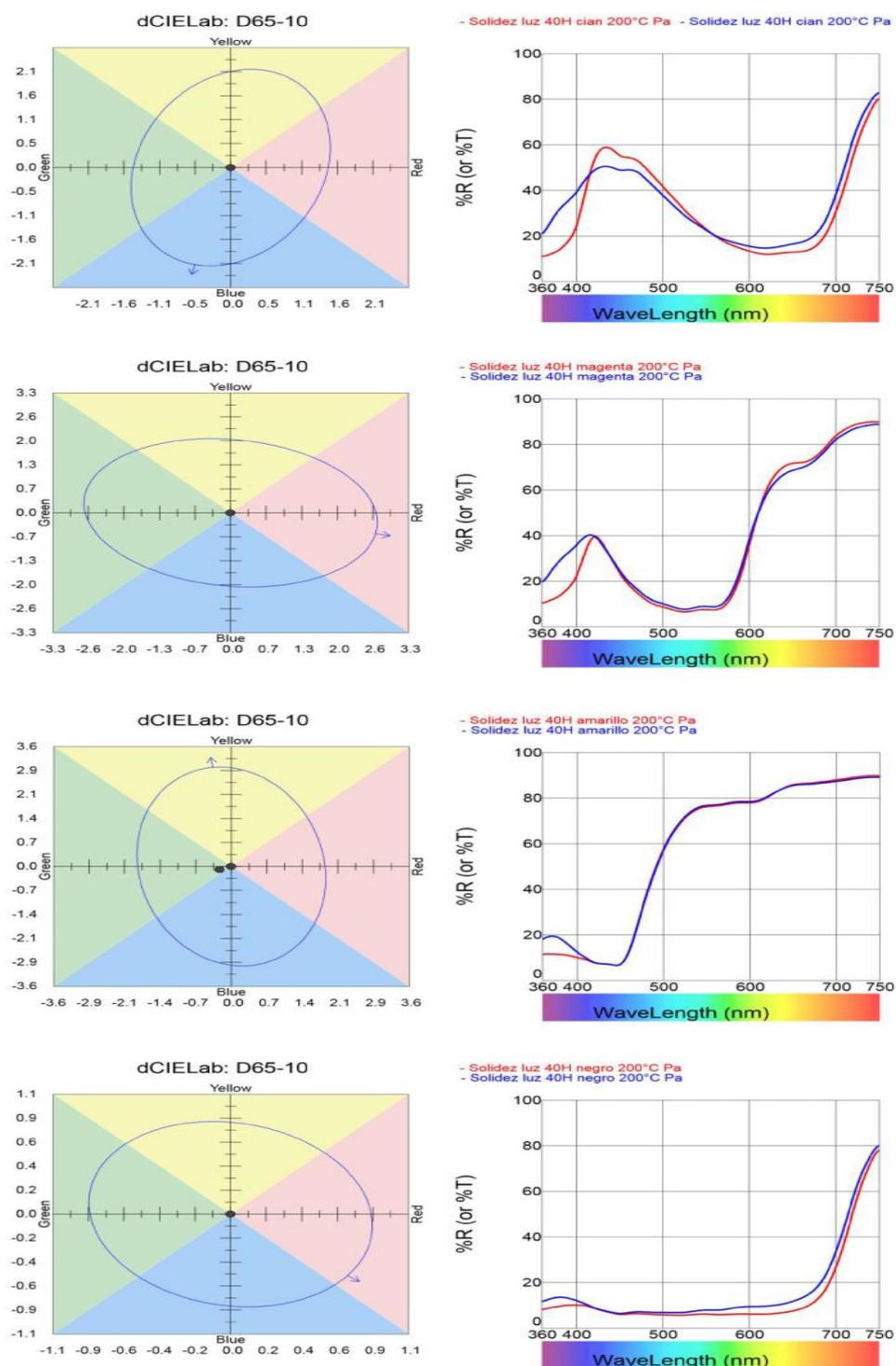


*Fuente: Propia*

La **Figura 27** muestra el resultado el cambio de color que se obtuvo en las muestras del tejido nylon a 200° C a 40 segundos.

Figura 27

Resultado de cambio de color del tejido nylon a 200° C y 40 s



Fuente: Propia

La **Tabla 6**, presenta los valores del color estándar de las muestras con la temperatura de 200° C a 20 segundos.

**Tabla 6***Intensidad de color estándar del poliéster y nylon de 200° C y 20 s*

Eje	Cian		Magenta		Amarillo		Negro	
	Pes	Pa	Pes	Pa	Pes	Pa	Pes	Pa
L*	58,53	58,86	50,26	48,3	85,51	87,32	27,56	29,69
a*	-16,61	-10,82	60,12	58,19	-9,1	-10,44	-0,48	2,34
b*	-36,82	-38,42	-5,22	-13,14	75,96	73,09	-3,68	-3,02
c*	40,4	39,92	60,34	59,66	76,5	73,83	3,71	3,82
h°	245,72	254,28	355,04	347,28	96,84	98,13	262,64	307,8

*Fuente: Propia*

A continuación, se muestra el resultado de las muestras de 200° C a 20 segundos, las cuales fueron sometidas en el Trufade y evaluado en el espectrofotómetro.

**Tabla 7***Resultado de la solidez del color Pes vs Pa de 200° C a 20 s*

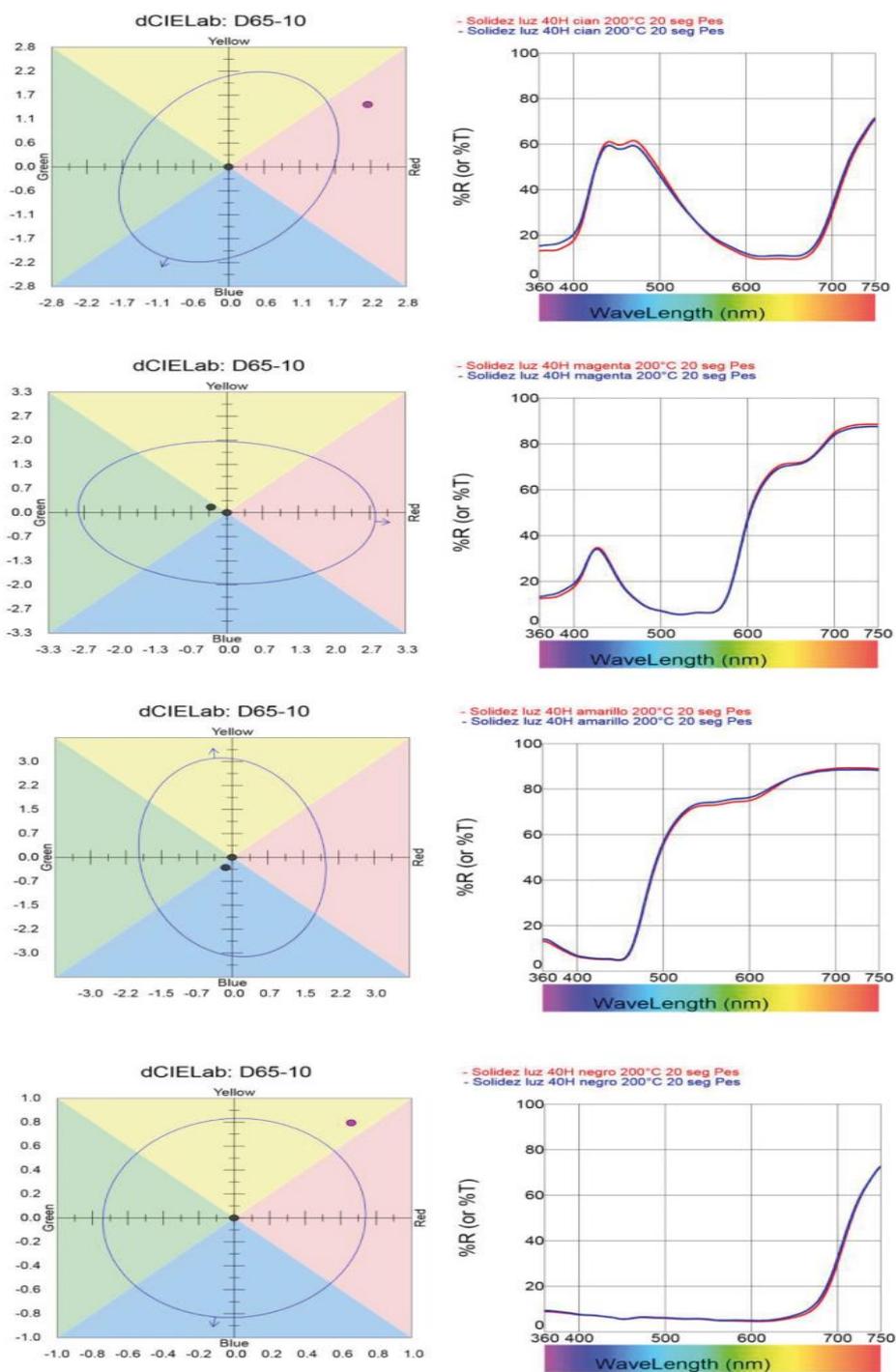
Eje	Cian		Magenta		Amarillo		Negro	
	Pes	Pa	Pes	Pa	Pes	Pa	Pes	Pa
L*	0	-1,59	-0,37	1,26	0,55	0,41	0,7	4,9
a*	2,19	4,28	-0,29	-3,11	-0,14	-0,03	0,68	3,62
b*	1,45	5,1	0,15	1,55	-0,31	0,01	0,82	6,4
c*	-2,2	-5,96	-0,31	-3,37	-0,3	0,02	-0,85	3,03
h°	1,44	2,98	0,12	0,85	0,18	0,02	0,66	6,7
DEcmc	1,31	3,31	0,21	1,41	0,24	0,15	1,38	9,84

*Fuente: Propia*

A continuación, se muestra el cambio de color del poliéster con la temperatura de 200°C con 20 segundos, donde se observa la dirección del color en el espacio CIELAB.

**Figura 28**

*Resultado de cambio de color del tejido poliéster a 200° C y 20 s*

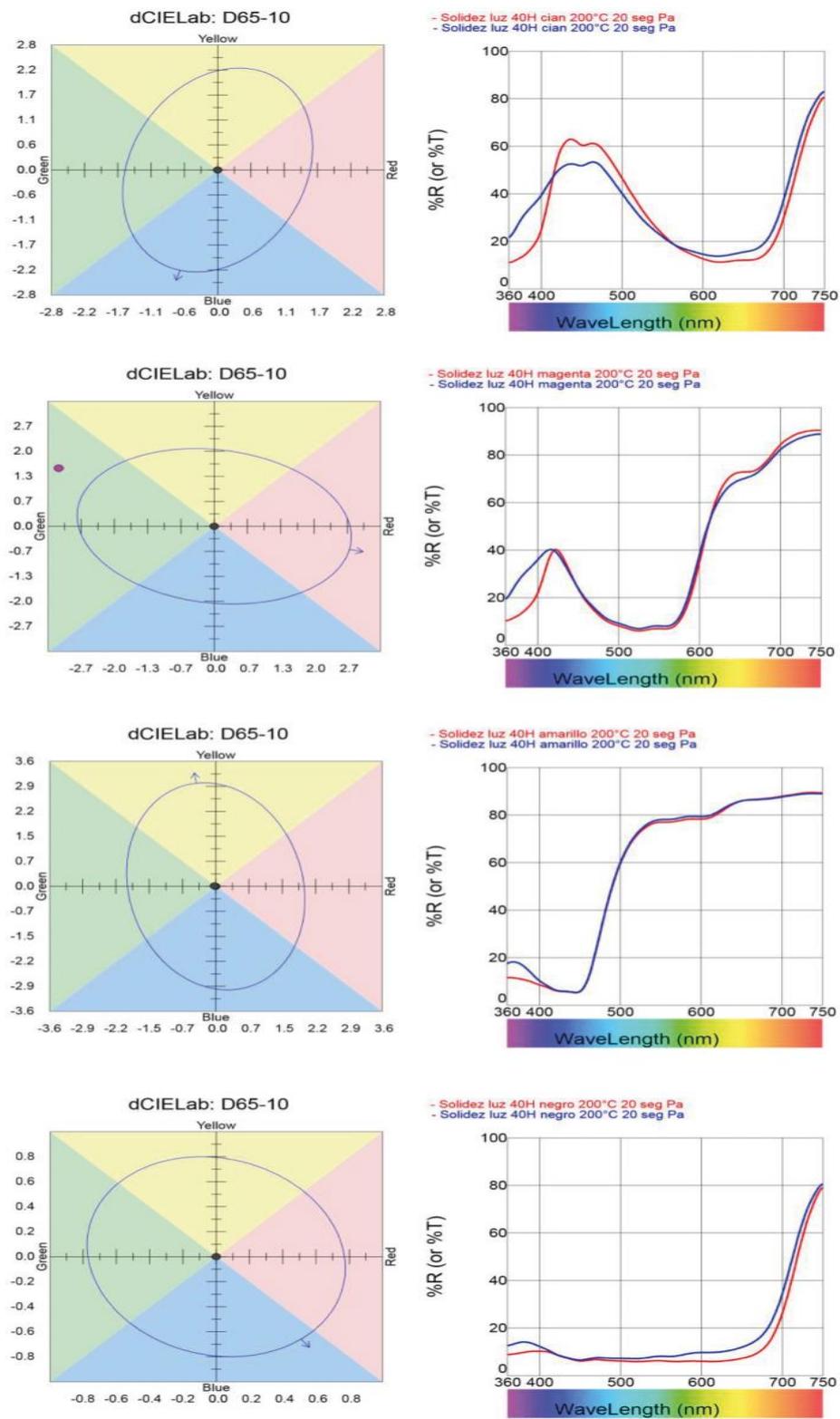


*Fuente:* Propia

A continuación, se muestra el resultado el cambio de color que se obtuvo en las muestras del tejido nylon a 200° C a 20 segundos.

**Figura 29**

*Resultado de cambio de color de nylon a 200° C y 20 s*



*Fuente: Propia*

A continuación, se presentan los valores del color estándar de las muestras entre poliéster y nylon con la temperatura de 150° C a 40 segundos.

**Tabla 8**

*Intensidad de color estándar del poliéster y nylon a 150°C y 40s*

	Cian		Magenta		Amarillo		Negro	
	Pes	Pa	Pes	Pa	Pes	Pa	Pes	Pa
L*	77,77	79,17	75,32	73,91	89,78	90,81	53,11	50,39
a*	-9,58	-10,66	31,62	34,96	-8,75	-10,64	-1,7	-2,68
b*	-23,33	-23,52	-18,77	-21,29	22,29	26,26	-0,91	-0,88
c*	25,22	25,82	36,77	40,93	23,95	28,33	1,93	2,82
h°	247,68	245,63	329,31	328,66	111,42	112,05	208,28	198,15

*Fuente: Propia*

A continuación, se muestra el cambio de color que se ha obtenido en las muestras de 150° C a 40 segundos en todos los valores de medición del espectrofotómetro.

**Tabla 9**

*Resultado de la solidez del color Pes vs Pa a 150° C y 40 s*

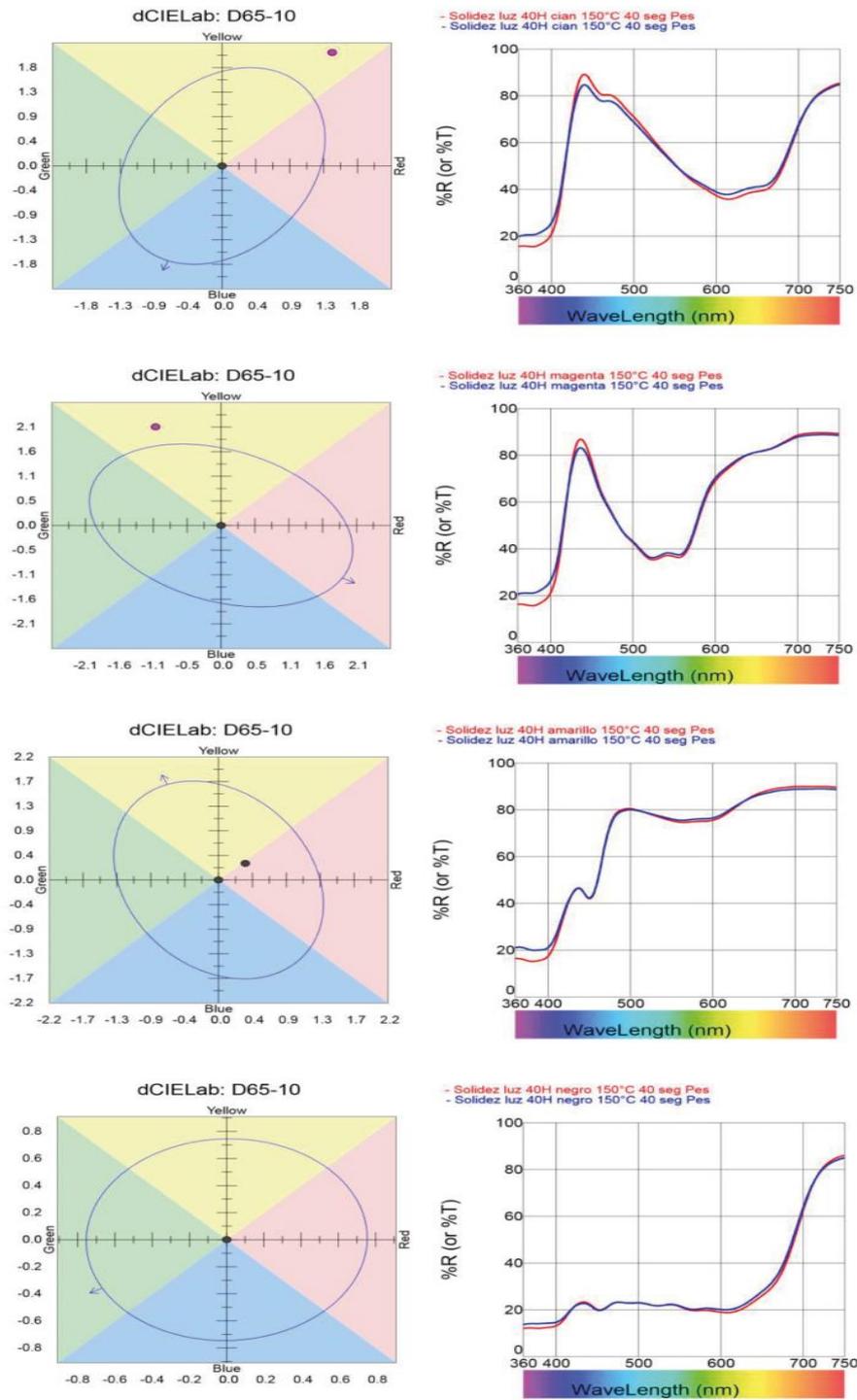
Eje	Cian		Magenta		Amarillo		Negro	
	Pes	Pa	Pes	Pa	Pes	Pa	Pes	Pa
L*	-0,11	0,81	0,5	2,46	0,22	-0,06	0,51	7,36
a*	1,44	1,93	-1,03	-7,07	0,34	0,22	1,14	6,25
b*	2,04	8,67	2,13	7,6	0,29	2,94	1,29	10,55
c*	-2,43	-8,6	-1,95	-9,86	0,15	2,67	-1,25	7,48
h°	0,59	-2,23	1,35	3,24	-0,42	-1,25	-1,18	-9,71
DEcmc	1,4	4,93	1,24	4,75	0,36	1,65	2,31	15,9

*Fuente: Propia*

A continuación, se muestra el cambio de color del poliéster con la temperatura de 150° C con 40 segundos en el espacio CIELAB.

**Figura 30**

*Resultado de cambio de color de poliéster a 150° C y 40 s*

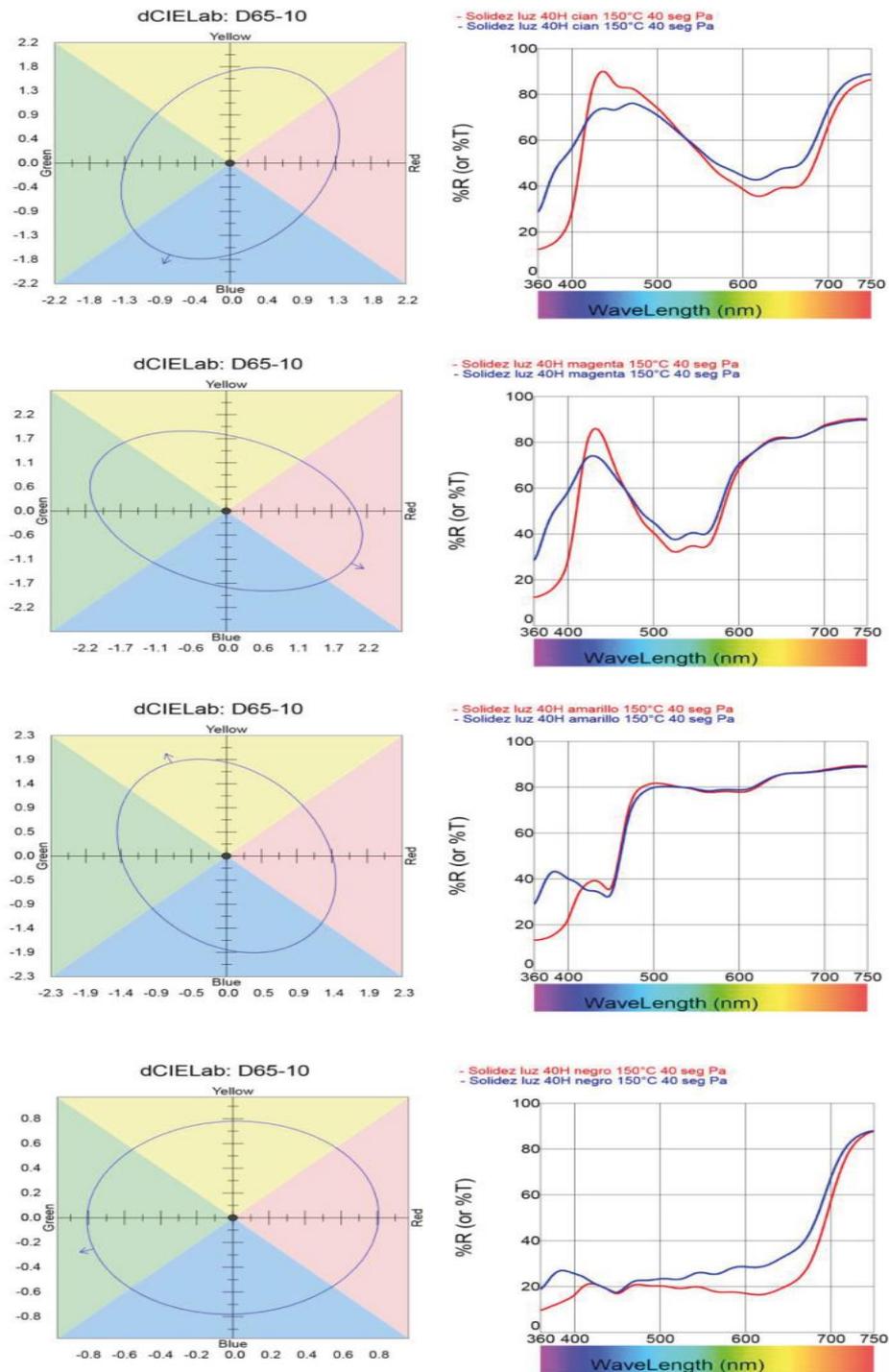


*Fuente: Propia*

A continuación, se muestra el resultado el cambio de color que se obtuvo en las muestras del tejido nylon a 150° C a 40 segundos.

**Figura 31**

*Resultado de cambio de color de nylon a 150° C y 40 s*



Fuente: Propia

En la **Tabla 10**, se muestra el color estándar de cada una de las muestras a la temperatura de 150° C a 20 segundos de los dos tejidos.

**Tabla 10**

*Intensidad de color estándar del poliéster y nylon a 150° C y 20 s*

Eje	Cian		Magenta		Amarillo		Negro	
	Pes	Pa	Pes	Pa	Pes	Pa	Pes	Pa
L*	85,22	83,15	82,76	80,03	90,68	91,23	69,01	55,31
a*	-2,11	-3,59	20,98	25,88	-6,78	-11,16	1,72	-2,27
b*	-21,4	-18,73	-18,96	-19,04	12,74	27,11	0,56	-1,55
c*	21,5	19,07	28,28	32,13	14,43	29,32	1,8	2,75
h°	264,37	259,16	317,9	323,65	118,01	112,38	17,95	214,45

*Fuente: Propia*

A continuación, se muestra el cambio de color que se ha obtenido en las muestras de 150° C a 20 segundos en todos los valores de medición del espectrofotómetro.

**Tabla 11**

*Resultado de la solidez del color poliéster y nylon a 150° C y 20 s*

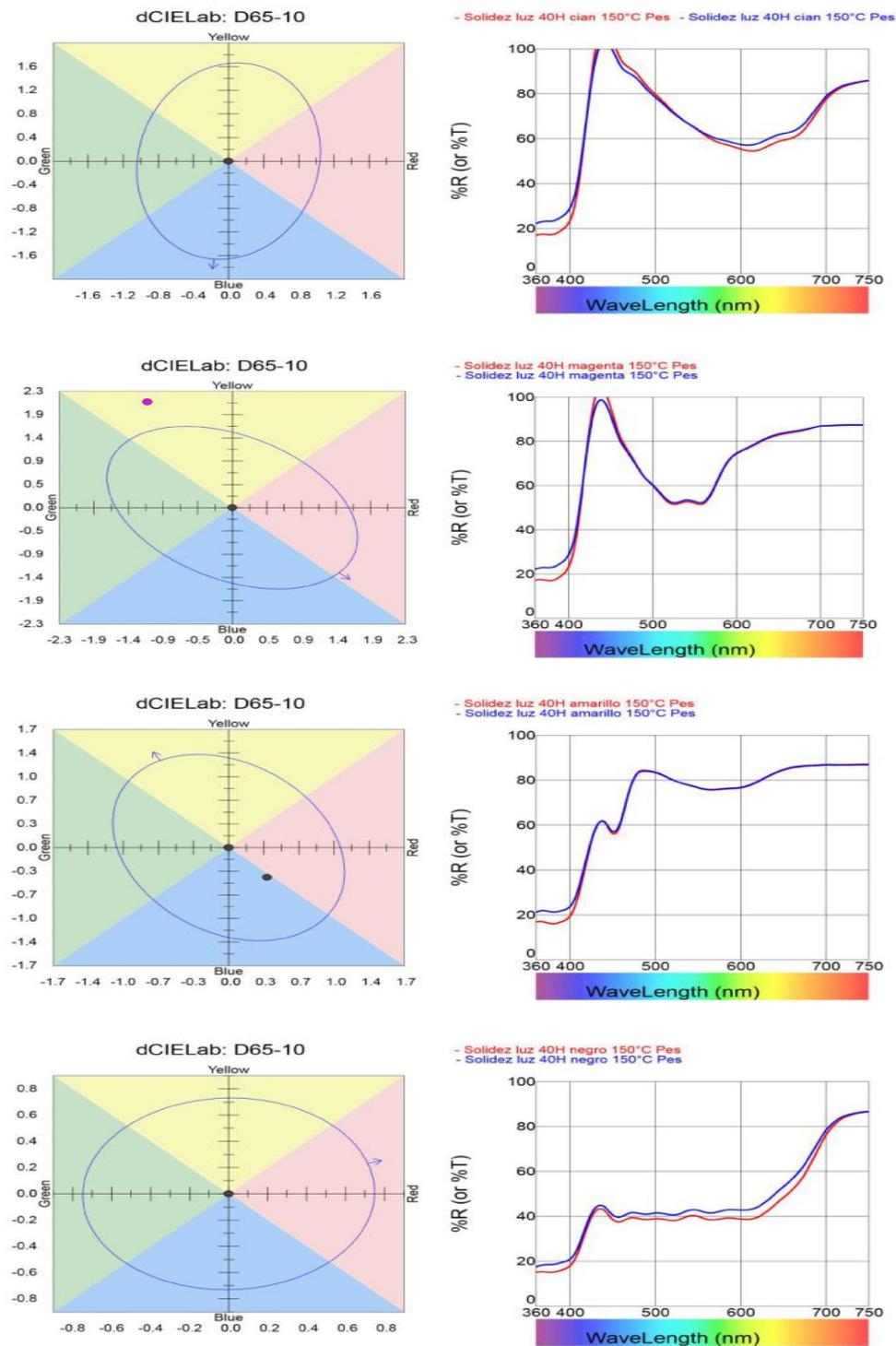
Eje	Cian		Magenta		Amarillo		Negro	
	Pes	Pa	Pes	Pa	Pes	Pa	Pes	Pa
L*	0,22	1,14	0,21	1,66	0,04	-0,39	2,13	7,27
a*	0,78	-0,07	-1,15	-0,7	0,37	-0,01	0,92	5,24
b*	2,64	9,85	2,13	8,65	-0,43	3,62	1,23	10,55
c*	-2,69	-9,47	-2,27	-10,32	-0,55	3,38	1,38	6,73
h°	0,55	-2,72	0,84	3,64	-0,13	-1,3	0,67	-9,67
DEcmc	1,66	6,46	1,33	5,6	0,41	1,94	2,22	15,38

*Fuente: Propia*

A continuación, se representa el cambio de color en diagrama y en el espacio CIELAB, donde se observa la dirección del color después de la evaluación del tejido.

**Figura 32**

*Resultado de cambio de color del tejido poliéster a 150° C y 20 s*

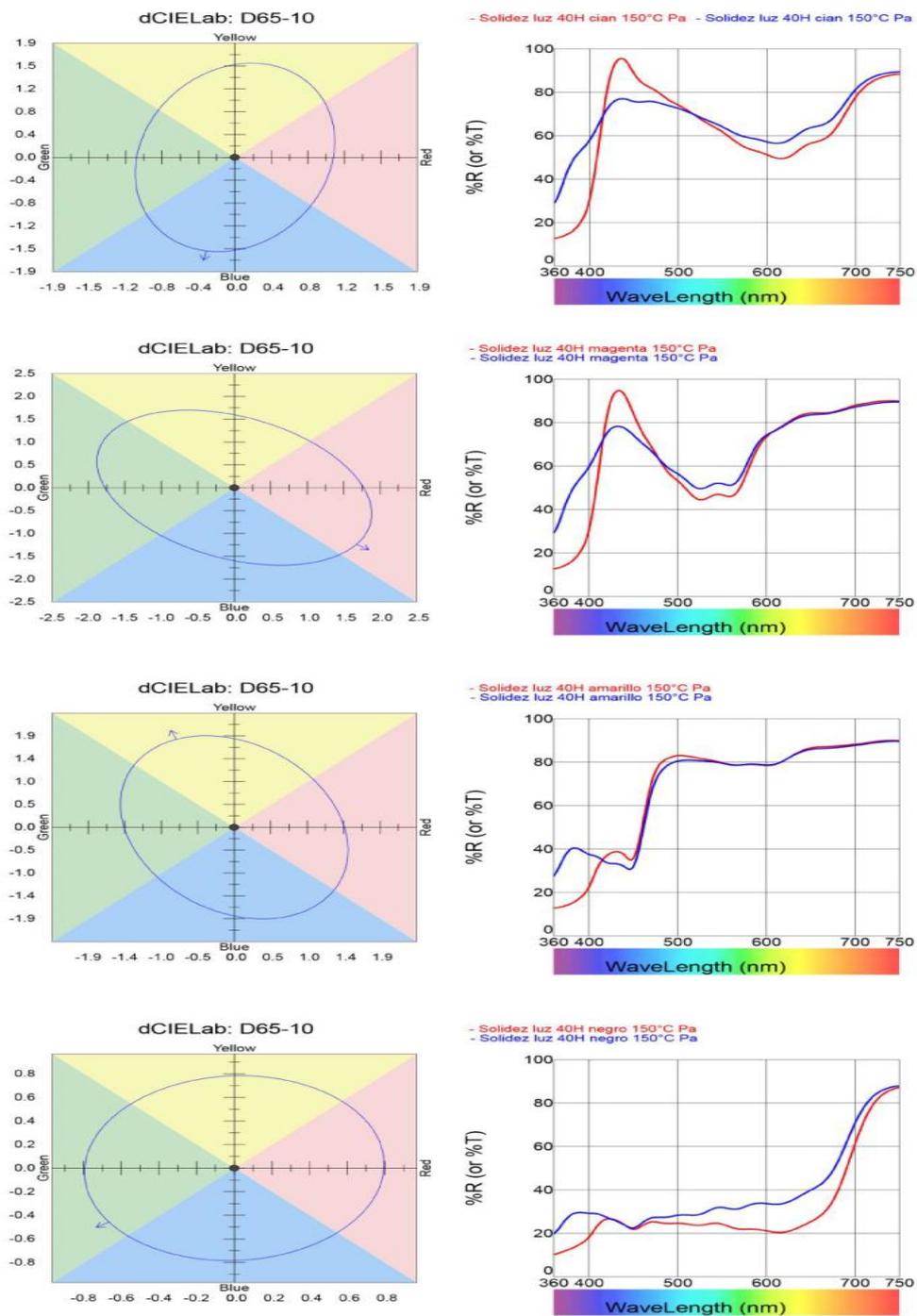


*Fuente: Propia*

La **Figura 33** muestra el resultado el cambio de color que se obtuvo en las muestras del tejido nylon a 150° C y 20 segundos.

**Figura 33**

*Resultado de cambio de color del tejido nylon a 150° C y 20 s*



*Fuente: Propia*

A continuación, se presenta la tabla consolidada de la medición del cambio del color en las muestras de 200°C y 150°C del tejido poliéster y nylon, cada temperatura con sus dos variables de tiempo.

**Tabla 12***Tabla consolidada de resultados-Solidez a la luz*

	CAMBIO DE COLOR A 200°C a 40 segundos								CAMBIO DE COLOR A 200°C a 20 segundos							
	Cian		Magenta		Amarillo		Negro		Cian		Magenta		Amarillo		Negro	
	Pes	Pa	Pes	Pa	Pes	Pa	Pes	Pa	Pes	Pa	Pes	Pa	Pes	Pa	Pes	Pa
Cambio de color	4	2,5	5	3,5	5	5	4,5	2	4	2,5	4,5	4	4,5	4,5	4	1,5
L*	-0,47	-0,62	-0,32	1,41	0,17	0,24	0,35	4,45	0	-1,59	-0,37	1,26	0,55	0,41	0,7	4,9
a*	1,74	3,23	-0,28	-3,51	-0,17	-0,23	0,3	3,21	2,19	4,28	-0,29	-3,11	-0,14	-0,03	0,68	3,62
b*	1,11	4,83	-0,07	0,68	0,01	-0,09	0,43	5,7	1,45	5,1	0,15	1,55	-0,31	0,01	0,82	6,4
c*	-1,63	-5,4	-0,27	-3,58	0,03	-0,06	-0,34	3	-2,2	-5,96	-0,31	-3,37	-0,3	0,02	-0,85	3,03
h°	1,26	2,15	-0,09	-0,07	0,17	0,24	0,39	5,81	1,44	2,98	0,12	0,85	0,18	0,02	0,66	6,7
DEcmc	1,08	2,88	0,18	1,46	0,11	0,26	0,72	8,57	1,31	3,31	0,21	1,41	0,24	0,15	1,38	9,84
	CAMBIO DE COLOR A 150°C a 40 segundos								CAMBIO DE COLOR A 150°C a 20 segundos							
	Cian		Magenta		Amarillo		Negro		Cian		Magenta		Amarillo		Negro	
	Pes	Pa	Pes	Pa	Pes	Pa	Pes	Pa	Pes	Pa	Pes	Pa	Pes	Pa	Pes	Pa
Cambio de color	4	2	4	2	4,5	3,5	4	1	3,5	1,5	4	1,5	4,5	3,5	3,5	1
L*	-0,11	0,81	0,5	2,46	0,22	-0,06	0,51	7,36	0,22	1,14	0,21	1,66	0,04	-0,39	2,13	7,27
a*	1,44	1,93	-1,03	-7,07	0,34	0,22	1,14	6,25	0,78	-0,07	-1,15	-0,7	0,37	-0,01	0,92	5,24
b*	2,04	8,67	2,13	7,6	0,29	2,94	1,29	10,55	2,64	9,85	2,13	8,65	-0,43	3,62	1,23	10,55
c*	-2,43	-8,6	-1,95	-9,86	0,15	2,67	-1,25	7,48	-2,69	-9,47	-2,27	-10,3	-0,55	3,38	1,38	6,73
h°	0,59	-2,23	1,35	3,24	-0,42	-1,25	-1,18	-9,71	0,55	-2,72	0,84	3,64	-0,13	-1,3	0,67	-9,67
DEcmc	1,4	4,93	1,24	4,75	0,36	1,65	2,31	15,9	1,66	6,46	1,33	5,6	0,41	1,94	2,22	15,38

*Fuente: Propia*

### 3.2. Análisis de confiabilidad

La confiabilidad en los resultados de una prueba o ensayo se realiza por medio de un software, el cual permite el desarrollo automático con los datos resultantes de las pruebas determinadas del estudio, por lo tanto, los datos son tabulados en el programa estadístico PAST 4, el cual, arroja tablas con los valores de los resultados de la medición realizada en el espectrofotómetro y a su vez gráficos para un mayor entendimiento de la prueba realizada con distintas formas para ser interpretadas.

#### 3.2.1. Varianza de resultados

El análisis de confiabilidad de la varianza ANOVA (Analysis of Variance) es una técnica estadística de importancia para una investigación, el cual es utilizado para distribuir los datos en distintos factores para mayor comprensión y conocimiento (Hoefsloot et al., 2009). Para Molugaram & Rao (2017), afirma que “La variación total de la variable dependiente se divide en dos partes: una que se puede atribuir a algunas causas específicas y la otra que se puede atribuir al azar” (p. 1), es decir, la variación depende de los factores sistemáticos y aleatorios para el desarrollo de la comparación respectiva entre estos.

Además, la varianza ANOVA es un método convencional de análisis, y se centra prácticamente en las distinciones de las variables de los productos o grupos (Bi & Kuesten, 2022). Según Mares Castro & Domínguez (2022), “El concepto de variación indica que no existen dos productos o características que sean exactamente iguales, debido a la existencia de fuentes de variabilidad” (p. 2).

A continuación, la **Tabla 13** presenta todos los factores de la estadística descriptiva, entre ellos la varianza, la media y el coeficiente de variación entre los que más se destacan, aplicados entre los dos tejidos poliéster y nylon del color cian.

**Tabla 13***Análisis de varianza de solidez a la luz – color cian*

	Poliéster	Nylon
N	4	4
Min	3,5	1,5
Max	4	2,5
Sum	15,5	8,5
Std. error	0,125	0,2393568
Variance	0,0625	0,2291667
Stand. dev	0,25	0,4787136
Median	4	2,25
25 prentil	3,625	1,625
75 prentil	4	2,5
Skewness	-2	-0,854563
Kurtosis	4	-1,289256
Geom. mean	3,868673	2,080896
Coeff. var	6,451613	22,5277

*Fuente: Propia*

A continuación, se muestra el análisis de varianza, la media y el coeficiente de variación entre los dos tejidos del color magenta.

**Tabla 14***Análisis de varianza de solidez a la luz – color magenta*

	Poliéster	Nylon
N	4	4
Std. error	0,2393568	0,595119
Variance	0,2291667	1,416667
Stand. dev	0,4787136	1,190238
Median	4,25	2,75
25 prentil	4	1,625
75 prentil	4,875	3,875
Skewness	0,854563	0
Kurtosis	-1,289256	-4,3391
Geom. mean	4,355877	2,54573
Coeff. var	10,94202	43,28138

*Fuente: Propia*

En la **Tabla 15** presenta el análisis de varianza, la media y el coeficiente de variación entre los dos tejidos del color amarillo.

**Tabla 15***Análisis de varianza de solidez a la luz – color amarillo*

	Poliéster	Nylon
N	4	4
Std. error	0,125	0,375
Variance	0,0625	0,5625
Stand. dev	0,25	0,75
Median	4,5	4
25 prentil	4,5	3,5
75 prentil	4,875	4,875
Skewness	2	0,3703704
Kurtosis	4	-3,901235
Geom. mean	4,620105	4,07455
Coeff. var	5,405405	18,18182

*Fuente: Propia*

A continuación, se muestra el análisis de varianza, la media y el coeficiente de variación entre los dos tejidos del color negro.

**Tabla 16***Análisis de varianza de solidez a la luz – color negro*

	Poliéster	Nylon
N	4	4
Std. error	0,2041241	0,2393568
Variance	0,1666667	0,2291667
Stand. dev	0,4082483	0,4787136
Median	4	1,25
25 prentil	3,625	1
75 prentil	4,375	1,875
Skewness	0	0,854563
Kurtosis	1,5	-1,289256
Geom. mean	3,984283	1,316074
Coeff. var	10,20621	34,81553

*Fuente: Propia*

En la **Figura 34** se muestran los valores y los datos de las 32 probetas entre poliéster y nylon, entre ellos la varianza, mediana, percentiles y coeficiente de variación, de esta manera, se destaca el último factor, ya que, es más variable en el segundo tejido

en comparación con el primero, siendo así, el color cian tiene valores de 6,45 para el poliéster y 22,52 en nylon; el color magenta 10,94 en poliéster y 43,28 en nylon; el color amarillo 5,40 en poliéster y 18,18 en nylon, finalmente, el color negro 10,20 en poliéster y 43,81 en nylon.

### Figura 34

*Análisis de varianza de la solidez a la luz de cada color*

Univariate statistics								
	PES-C	PA-C	PES-M	PA-M	PES-A	PA-A	PES-N	PA-N
<b>N</b>	4	4	4	4	4	4	4	4
<b>Min</b>	3,5	1,5	4	1,5	4,5	3,5	3,5	1
<b>Max</b>	4	2,5	5	4	5	5	4,5	2
<b>Sum</b>	15,5	8,5	17,5	11	18,5	16,5	16	5,5
<b>Mean</b>	3,875	2,125	4,375	2,75	4,625	4,125	4	1,375
<b>Std. error</b>	0,125	0,2393568	0,2393568	0,595119	0,125	0,375	0,2041241	0,2393568
<b>Variance</b>	0,0625	0,2291667	0,2291667	1,416667	0,0625	0,5625	0,1666667	0,2291667
<b>Stand. dev</b>	0,25	0,4787136	0,4787136	1,190238	0,25	0,75	0,4082483	0,4787136
<b>Median</b>	4	2,25	4,25	2,75	4,5	4	4	1,25
<b>25 prcnil</b>	3,625	1,625	4	1,625	4,5	3,5	3,625	1
<b>75 prcnil</b>	4	2,5	4,875	3,875	4,875	4,875	4,375	1,875
<b>Skewness</b>	-2	-0,854563	0,854563	0	2	0,3703704	0	0,854563
<b>Kurtosis</b>	4	-1,289256	-1,289256	-4,3391	4	-3,901235	1,5	-1,289256
<b>Geom. mean</b>	3,868673	2,080896	4,355877	2,54573	4,620105	4,07455	3,984283	1,316074
<b>Coeff. var</b>	6,451613	22,5277	10,94202	43,28138	5,405405	18,18182	10,20621	34,81553

*Nota:* La presente figura del análisis de la varianza y coeficiente de variación de solidez a la luz, se establece de acuerdo con los datos del cambio de color tabulados en la **Tabla**

3. Fuente: Propia.

### 3.3. Discusión de resultados

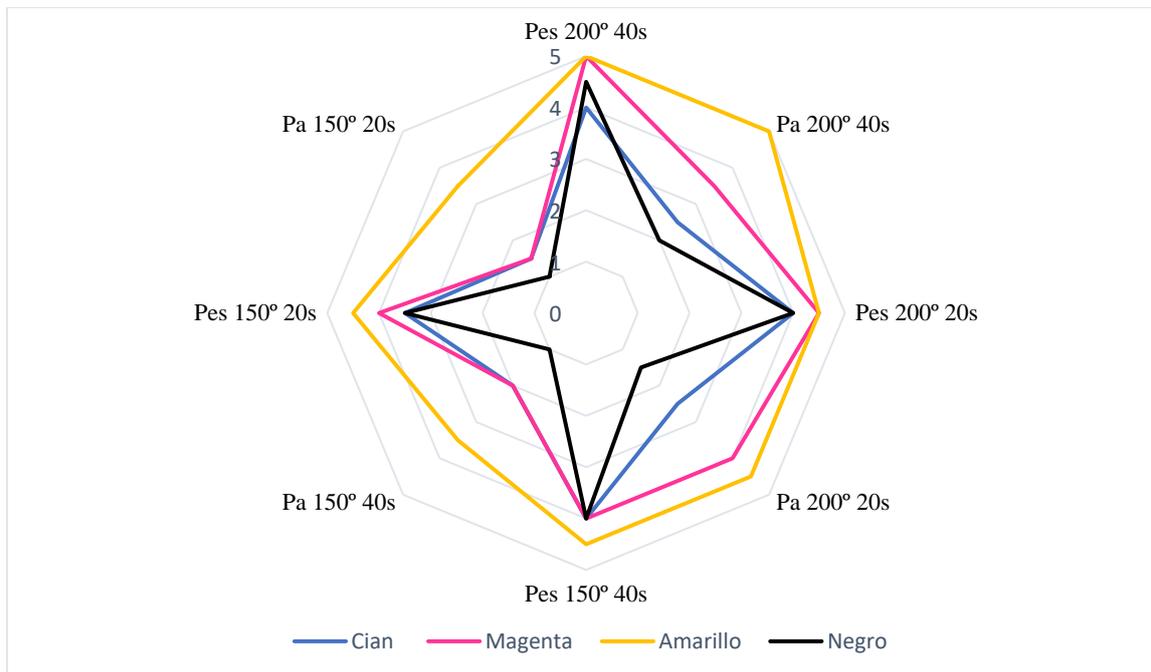
Los valores obtenidos en el trabajo de investigación de la solidez a la luz mediante el análisis de varianza, se interpreta mediante gráficos realizados en el programa estadístico PAST 4 y Excel para un mayor entendimiento de la información.

#### 3.3.1. Análisis e interpretación de resultados de solidez a la luz

En los resultados tabulados de la **Tabla 3** de la calificación de la prueba de solidez a la luz, se muestran los valores obtenidos de forma general entre los dos sustratos textiles en todas las variables especificadas en el estudio, por consiguiente, se observa que el tejido poliéster 100% tiene un mayor grado de estabilidad en el color que el nylon.

**Figura 35**

*Resultado consolidado de la solidez a la luz entre los dos tejidos*



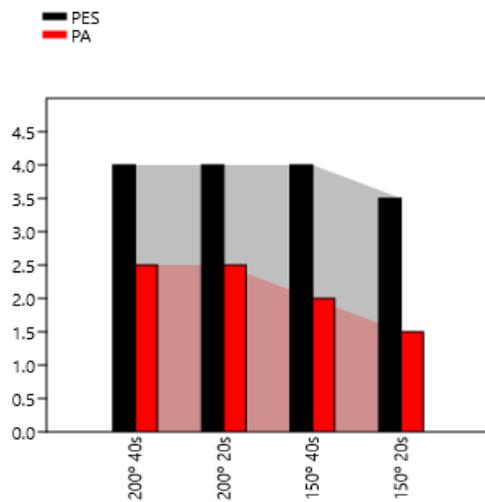
*Fuente: Propia*

La **Figura 35** presenta el resultado de la prueba de solidez a la luz, el cual fue analizado en el espectrofotómetro mediante la escala de grises, de esta manera se determina que el tejido poliéster tiene mayor grado de fijación entre el sustrato y la tinta, por consiguiente, a mayor temperatura y tiempo de exposición en la plancha transfer, el color se adhiere con más facilidad en el poliéster, por otra parte, el nylon mientras más tiempo de exposición en la plancha sublimadora, tiene la capacidad de migrar la totalidad de la tinta desde el papel hacia el tejido.

Como se observa a continuación en la **Figura 36**, en el tejido nylon el color cian tiene una variación notoria, es decir, el color se degrada con más facilidad y de esta manera obteniendo una calificación menor que el poliéster, por consiguiente, se observa que en la temperatura de 200° C en los dos tiempos tiene la misma valoración.

**Figura 36**

*Interpretación de solidez del color a la luz - color cian (Pes vs Pa)*

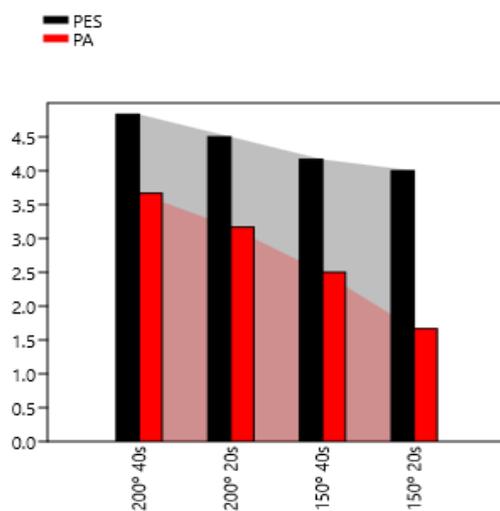


*Fuente: Propia*

La **Figura 37** muestra la comparación del color magenta entre los dos tejidos (poliéster y nylon), de esta manera, se observa que en el nylon la valoración en escala de grises, baja en cada una de las variables, obteniendo como resultado una mayor solidez en la primera muestra (200° C a 40 segundos de exposición en el proceso de sublimación).

**Figura 37**

*Interpretación de solidez del color a la luz - color magenta (Pes vs Pa)*

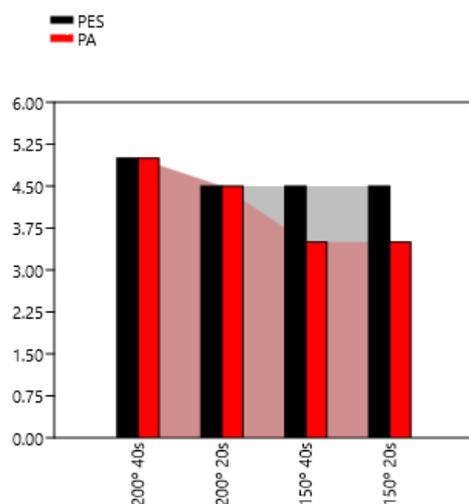


*Fuente: Propia*

En la interpretación del color amarillo de la **Figura 38**, presenta una menor variabilidad entre los dos tejidos, ya que, el análisis de la solidez en la temperatura de 200° C con 40 segundos tiene el mismo grado de calificación según escala de grises, es decir, se tiene resultados satisfactorios entre estos, con la temperatura de 150° C con 20 segundos, se muestra que el tejido nylon requiere de más tiempo para que la tinta migre en un 100% al tejido. Por consiguiente, el color a mayor temperatura, es semejante entre los dos sustratos textiles y en el caso contrario, el color experimenta un cambio muy perceptible.

### Figura 38

*Interpretación de solidez del color a la luz - color amarillo (Pes vs Pa)*



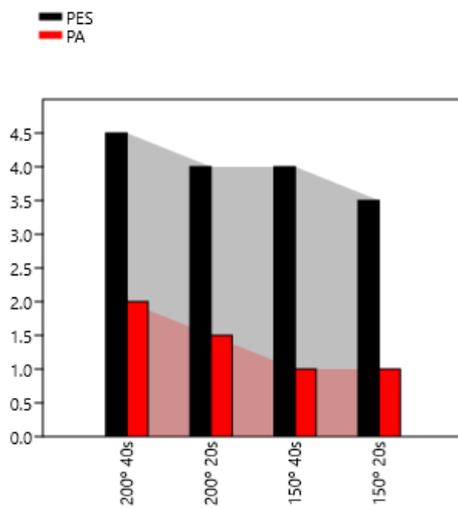
*Fuente: Propia*

A continuación, se presenta la interpretación de la comparación del grado de solidez del color negro en los dos tejidos; se puede evidenciar la degradación del color con mayor incidencia en el sustrato de nylon que en el de poliéster, a su vez la variación es más notoria y el cambio de tono es severo, por lo tanto, el valor en la escala de grises tiene una valoración poco satisfactoria, como se puede observar en las **Figura 27**, **Figura 29**, **Figura 31** y **Figura 33** en el espacio CIELAB, la calificación se sale del rango en

rojo, azul y verde, es decir, la degradación del color negro se va al espacio a, b y c. En el diagrama colorimétrico de nanómetros, se observa que desde el punto 0, el cambio varía en toda la longitud en comparación con los otros colores, ya que, en las otras figuras del mismo tejido nylon en todas las variables, la onda sigue el mismo camino en gran parte del recorrido entre el color inicial con el cambio.

### Figura 39

*Interpretación de solidez del color a la luz - color negro (Pes vs Pa)*



*Fuente: Propia*

## CAPÍTULO IV

### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Culminando el trabajo de investigación, se desarrollan las siguientes conclusiones y recomendaciones.

#### 4.1. Conclusiones

- Al haber realizado un análisis investigativo minucioso, se comprobó que en el área textil la falta de actualización en los artículos relacionados es una limitante, es por ello que con cierto grado de dificultad, se logró recabar información de fuentes confiables como tales como: bases de datos de artículos científicos, Google Académico, libros digitales, Scielo y Science Direct; de esta manera, se logra obtener un conglomerado bibliográfico lo suficientemente amplio y consistente para el desarrollo del proceso para la respectiva investigación.
- Se establecieron distintos factores como: dosificación de tinta, temperatura y tiempo, mismos que al relacionarlos unos con otros, se puede concluir que influyen fuertemente en el éxito del proceso de sublimación, es así como, pueden convertirse en causales de la degradación del color en la solidez a la luz.

- Los resultados de la solidez del color a la luz aplicada mediante la norma ISO 105 B02 y valorada con la escala de grises ISO 105 A02 cambio de color, permite identificar que el poliéster tiene mayor solidez (80% a 90%) que el nylon en la permanencia del color en el sustrato, esta aseveración cualitativamente hablando, presenta mejores condiciones de valoración de 4 a 5 tal como se mostró en la **Tabla 3**.
- El grado de calificación de la solidez del color entre los tejidos poliéster y nylon, permitió comprobar que el coeficiente de variación entre estos son totalmente diferentes, siendo así: el color Cian se obtienen valores de (CV=6,45) para el poliéster y (CV=22,52) en el nylon; para magenta (CV=10,94) en poliéster y (CV=43,28) para el nylon; el color amarillo valores de (CV=5,40) en el poliéster y (CV=18,18) en nylon y, finalmente, el color negro con (CV=10,20) en la parte poliéster y (CV=43,81) en el nylon, de esta manera, ratifica que el poliéster tiene mayor solidez de color a la luz.
- Al someter un género textil a procesos de sublimación, se tiene muy en cuenta la variable “temperatura”, en este sentido, mientras mayor sea esta (200°C), la tinta se adhiere con más facilidad hacia el tejido produciéndose un traspaso de tinta desde el papel hacia la tela en un 100%; por otra parte, con 150°C la migración del color desde el papel al sustrato es de un 50% a 60%. Además, se establece que en el poliéster tiene el siguiente comportamiento: a mayor temperatura se puede sublimar con un tiempo mínimo de hasta 15 segundos para la adherencia total de la tinta al tejido, en comparación con el nylon, que a mayor temperatura requiere mayor tiempo de exposición para el transporte completo de la tinta hacia el tejido.

- Finalmente, se evidenció que los colores cian, magenta y negro se degradan con mayor facilidad según la norma ISO 105 B02, en el mismo sentido, el amarillo tiene mayor estabilidad entre los cuatro colores, ya que, presenta mejores características de resistencia tanto en los sustratos de nylon como de poliéster obteniendo una valoración igual entre los dos. Por otra parte, la comparativa respectiva entre los dos tejidos jersey, se determina que el poliéster presenta mejores resultados de solidez del color.

#### **4.2. Recomendaciones**

- En un análisis investigativo, la información tanto teórica como la práctica es relevante, de esta manera, se aconseja desarrollar la indagación de la parte teórica con fuentes bibliográficas verídicas más recientes posibles, ya que estas pueden ser ratificadas en el momento necesario.
- Adicionar más variables a partir del presente estudio, como la dosificación de tinta y presión de la plancha de sublimación, con la finalidad de analizar nuevos datos la influencia en la degradación del color del tejido; además, realizar nuevos estudios de la solidez del color como: agua de mar, sudor, frote; en el mismo tejido para las prendas de los ciclistas o afines.
- El estudio se desarrolló con la tinta EPSON, por consiguiente, se puede realizar una investigación con la tinta de sublimación china, pues podría influir en el proceso de sublimación de los tejidos jersey, especialmente para prendas de uso deportivo.
- El uso de programas estadísticos para el análisis de varianza y coeficiente de variación, ayuda para determinar la confiabilidad de los resultados obtenidos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, J. (2014). El Método de la Investigación. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 9(3), 195–204. [http://www.spentamexico.org/v9-n3/A17.9\(3\)195-204.pdf](http://www.spentamexico.org/v9-n3/A17.9(3)195-204.pdf)
- Acosta, L. E. (2018). El color como factor de calidad en la iluminación y su entorno laboral. *Universidad Autónoma Metropolitana*. <http://hdl.handle.net/11191/5893>
- Aldred, R., & Woodcock, J. (2015). Reframing safety: An analysis of perceptions of cycle safety clothing. *Transport Policy*, 42, 103–112. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2015.05.001>
- Alonso, M. (2009). *Espacios de Color RGB, HSI y sus Generalizaciones a n-Dimensiones*. 1–118. <https://inaoe.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1009/362/1/AlonsoPeMA.pdf>
- Ametrano, L. (2019). *Técnicas de investigación social*.
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2008). Constitución de la República del Ecuador. *Iusrectusecart*, 449, 1–219. <https://bde.fin.ec/wp-content/uploads/2021/02/Constitucionultimodif25enero2021.pdf>
- Bayburtlu, C. (2022). *Transfer-Print ( sublimation ) the determination of the chromatic aberration on different fabric surfaces*. May.
- Bi, J., & Kuesten, C. (2022). Commentary on Meyners and Hasted (2021): On the applicability of ANOVA models for CATA data, *Food Quality and Preference*, 92. *Food Quality and Preference*, 95(August 2021), 2021–2023. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2021.104340>

- Biedma Gonzáles, M. (2019). Facultad de Farmacia. *Facultad de Farmacia*, 1–7.  
[https://dadun.unav.edu/bitstream/10171/37927/3/Tesis\\_MSoledadGarciaUnciti.pdf](https://dadun.unav.edu/bitstream/10171/37927/3/Tesis_MSoledadGarciaUnciti.pdf)
- Blasco Espinoza, P. Á. (2016). *Iluminación 3*.  
[https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/75442/ILUMINACION\\_\\_GIE-3\\_\\_2en1.pdf](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/75442/ILUMINACION__GIE-3__2en1.pdf)
- Broadbent, A. D. (2016). Colorimetry, methods. In *Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry* (3rd ed., Vol. 7). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803224-4.00014-5>
- Chakraborty, J. N. (2011). An overview of dye fastness testing. In *Handbook of Textile and Industrial Dyeing: Principles, Processes and Types of Dyes* (Vol. 1). Woodhead Publishing Limited. <https://doi.org/10.1533/9780857093974.1.207>
- Cie, C. (2015). Heat transfer and sublimation printing. *Ink Jet Textile Printing*, 125–137. <https://doi.org/10.1016/b978-0-85709-230-4.00010-8>
- Color Make. (2020). *Manual-de-máquinas-en-español-2020\_.pdf*.
- Comité Español de Iluminación. (2004). *Guía Técnica Aprovechamiento de la luz natural de edificios*.
- Edge, E., Ultrachrome, T. E., & Oeko-tex, E. C. O. P. (2020). *Impresora de sublimación de 44" de gran productividad y ujo de trabajo intuitivo*.
- Epson. (2022a). *\*Manual del usuario EPSON 400*.
- Epson. (2022b). *Impresora Epson SureColor F6370 Tinta*.  
<https://epson.com.co/InkFinder/i/SCF6370PE>
- Goldade, V. A., & Vinidiktova, N. S. (2017). Antimicrobial fibers. *Crazing Technology*

for Polyester Fibers, 51–80. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-101271-0.00003-6>

Google Maps. (2023). *Carrera CTEX.pdf*.

<https://www.google.com.ec/maps/place/Carrera+de+Ingeniería+en+Textiles/@0.3>

779679,-

78.1236907,18.79z/data=!4m12!1m6!3m5!1s0x8e2a3b4573ee6185:0xaccdd8e286

efad45!2sIngenieria+Textil+UTN!8m2!3d0.3779989!4d-

78.1233653!3m4!1s0x8e2a3b38f9cd91ed:0x961fee2a0b1df7

Hajipour, A., & Shams-Nateri, A. (2021). Expanding the color gamut of inkjet textile printing during color matching. *Color Research and Application*, 46(6), 1218–1226. <https://doi.org/10.1002/col.22681>

Hoefsloot, H. C. J., Vis, D. J., Westerhuis, J. A., Smilde, A. K., & Jansen, J. J. (2009). Multiset Data Analysis: ANOVA Simultaneous Component Analysis and Related Methods. *Comprehensive Chemometrics*, 2, 453–472. <https://doi.org/10.1016/B978-044452701-1.00054-5>

Ibrahim, N. A., Eid, B. M., & Kafafy, H. (2020). Sustainable colorants for protective textiles. In *Advances in Functional and Protective Textiles*. LTD. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-820257-9.00021-7>

James H. Heal. (2013). *Operator's guide*.

James Heal. (2022). *Xenon arc light*. 1–18.

<https://www.jamesheal.com/sites/default/files/brochures/2021-09/TruFade-Sales-Tool-Kit-August-2017.pdf>

Kaiser, J. (2022). *Pigment-Based Inkjet Prints by VNIR Hyperspectral Imaging*. 1–19.

Kara, S., Yeşilpınar, S., & Arslan, M. (2021). A survey and design study of a protective

cycling top wear. *Vlakna a Textil*, 28(1), 31–44.

Keiser, S., & Tortora, P. G. (2022). dye sublimation. In *The Fairchild Books Dictionary of Fashion*. <https://doi.org/10.5040/9781501365287.893>

Kisner, A., Rainert, K. T., Ferrari, F., Nau, C. T., Barcellos, I. O., Pezzin, S. H., & Andraus, J. (2013). Chemical functionalization of polyamide 6.6 fabrics. *Reactive and Functional Polymers*, 73(10), 1349–1356.  
<https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2013.03.010>

Laboratorios Eyco. (2022). *Ensayos de espectrofotometría - Laboratorios EYCO*. Laboratorios Eyco. <https://www.laboratorioeyco.com/portfolio/ensayos-de-espectrofotometria/>

Leber, R. (2016). *Dye Sublimation Transfer Print for the Fashion and*. 12–13.  
[https://sihl.com/wp-content/uploads/2016\\_02\\_04\\_Specialist\\_printing\\_Sublimation\\_transfer.pdf](https://sihl.com/wp-content/uploads/2016_02_04_Specialist_printing_Sublimation_transfer.pdf)

Lillotte, T. D., Joester, M., Frindt, B., Berghaus, A., Lammens, R. F., & Wagner, K. G. (2021). UV–VIS spectra as potential process analytical technology (PAT) for measuring the density of compressed materials: Evaluation of the CIELAB color space. *International Journal of Pharmaceutics*, 603(March), 120668.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2021.120668>

Lizák, P., Havelka, A., Drobný, M., & Mojumdar, S. C. (2015). The effect of sublimation print on thermal conductivity of layered sports textiles. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 119(2), 891–897.  
<https://doi.org/10.1007/s10973-014-4113-8>

Loor Cadena, L. J., & Espinoza Cevallos, C. L. (2019). *La Técnica De La Sublimación*

*En El Mercado De Guayaquil*. 7.

<https://www.eumed.net/rev/oel/2019/07/sublimacion-mercado-guayaquil.html>

Mares Castro, A., & Domínguez, J. (2022). Evaluación estadística de índices de desempeño para el proceso de división de rollos de EVA. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 23(2), 1–15. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2022.23.2.013>

Marín Galeano, M. E. (2019). Investigación documental: *Estrategias de Investigación Social Cualitativa*, 135–171. <https://doi.org/10.2307/j.ctvdf06h7.9>

Mensch Canabarro, A. J. (2019). *Aplicação de tecidos inteligentes no vestuário cotidiano de ciclistas tissue in intelligent application of everyday clothing cyclists*. May 2016.

Metalnox. (2018). *Catálogo de Máquinas*. [http://www.hwamdasupreme.com/catalogo-de-maquinas?gclid=Cj0KCQjwsMDeBRDMARIsAKrOP7G02eTV7-QUqBBPpGohRmd3jxXGv9TwfROcyS12vM8K9cVpdsKoaqUaAtVeEALw\\_wcB](http://www.hwamdasupreme.com/catalogo-de-maquinas?gclid=Cj0KCQjwsMDeBRDMARIsAKrOP7G02eTV7-QUqBBPpGohRmd3jxXGv9TwfROcyS12vM8K9cVpdsKoaqUaAtVeEALw_wcB)

Millington, K. R. (2017). Colorfastness. In *Engineering of High-Performance Textiles*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101273-4.00029-9>

Molugaram, K., & Rao, G. S. (2017). ANOVA (Analysis of Variance). *Statistical Techniques for Transportation Engineering*, 451–462. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811555-8.00011-8>

Nieves A., Díaz, J. Antonio, Bárcena R.; Emilio, Fernández R.; Aurora, Galván C.; Jesús, Jorrín N.; José, Peinado P.; Fermín, M. V. . y I. T. F. (1984). Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas. *SAE Technical Papers*, 1–8. <https://doi.org/10.4271/841496>

- NTE INEN ISO 105 B02. (2014). *ISO 105-B02 Textiles. Solidez del color a la luz artificial. Arco de xenón..pdf*.
- Oggiano, L., Brownlie, L., Troynikov, O., Bardal, L. M., Sæter, C., & Sætran, L. (2013). A review on skin suits and sport garment aerodynamics: Guidelines and state of the art. *Procedia Engineering*, 60(1877), 91–98.  
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.07.018>
- Pacheco Andrea. (2015). *Sublimación Textil*. 1–139.
- Prybeha, D., Koshevko, J., Smutko, S., Onofriichuk, V., Skyba, M., Synyuk, O., Kuleshova, S., Pidhaichuk, S., & Zlotenko, B. (2021). Analysis of methods of printing images on textile materials and evaluation of their quality. *Vlakna a Textil*, 28(2), 63–74.
- Puebla, C. (2010). *Método hipotético deductivo Método Hipotético-deductivo*.
- Ramesh Kumar, M., Sathish Kumar, T., Prakash, C., & Jayakumari, M. (2022). Investigation on fastness properties of plated interlock knitted fabrics. *Cleaner Engineering and Technology*, 8(January), 100474.  
<https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100474>
- Ribagorda, C. (2017). El uso consciente de la luz. *Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid*.
- Rigid Photo Optimized. (2019). *SureColor F6370 44 " dye-sublimation printer for enhanced*. 1–2.
- Roy, A. (2016). Métodos y técnicas de investigación. *Métodos y Técnicas de Investigación*, 1–38. <http://www.gestiopolis.com/metodos-y-tecnicas-de-investigacion/>

Roy Choudhury, A. K. (2015). Metamerism and shade sorting. In *Principles of Colour and Appearance Measurement* (Vol. 2). Woodhead Publishing Limited.

<https://doi.org/10.1533/9781782423881.174>

Sawgrass. (2015). *La Guía completa para el éxito con la sublimación*.

[http://www.cromos.net.uy/images/sawgrass\\_web.pdf](http://www.cromos.net.uy/images/sawgrass_web.pdf)

Schell, J., McCauley, S. C., & Glaser, R. (2020). Video colorimetry of single-chromophore systems based on vector analysis in the 3D color space: Unexpected hysteresis loops in oscillating chemical reactions. *Talanta*, 220(July), 121303.

<https://doi.org/10.1016/j.talanta.2020.121303>

ScreenTM S.A. (2022). *Tinta Epson UltraChromeDS*.

<https://www.screentm.com/producto/tinta-epson-ultrachromeds/>

Sign Products. (2020). *Ficha técnica EL900*. [https://www.signproducts.com.co/wp-content/uploads/2020/09/FICHA\\_TECNICA\\_EL900.pdf](https://www.signproducts.com.co/wp-content/uploads/2020/09/FICHA_TECNICA_EL900.pdf)

Transfer your life. (2022). *Tinta de sublimación Epson original para impresora Epson Sure Color F series - JD*. [https://www.subtransferpaper.com/product/original-epson-sublimation-ink-for-epson-sure-](https://www.subtransferpaper.com/product/original-epson-sublimation-ink-for-epson-sure-color/?gclid=Cj0KCQjwz96WBhC8ARIsAATR250PrWWb-ibutSTbVFTnPoDFP0z7UMVJgte_78S8z6-eKALZYFQqthoaAn-pEALw_wcB)

[color/?gclid=Cj0KCQjwz96WBhC8ARIsAATR250PrWWb-](https://www.subtransferpaper.com/product/original-epson-sublimation-ink-for-epson-sure-color/?gclid=Cj0KCQjwz96WBhC8ARIsAATR250PrWWb-ibutSTbVFTnPoDFP0z7UMVJgte_78S8z6-eKALZYFQqthoaAn-pEALw_wcB)

[ibutSTbVFTnPoDFP0z7UMVJgte\\_78S8z6-eKALZYFQqthoaAn-pEALw\\_wcB](https://www.subtransferpaper.com/product/original-epson-sublimation-ink-for-epson-sure-color/?gclid=Cj0KCQjwz96WBhC8ARIsAATR250PrWWb-ibutSTbVFTnPoDFP0z7UMVJgte_78S8z6-eKALZYFQqthoaAn-pEALw_wcB)

Trujillo, C., Naranjo, M., Lomas, K., & Merlo, M. (2019). *Investigación Cualitativa: Epistemología, consentimiento informado, entrevistas en profundidad*.

<https://isbn.cloud/9789942355553/investigacion-cualitativa/>

Universidad Técnica del Norte. (2022). *Convocatoria Investiga UTN 2022 –*

*Universidad Técnica del Norte*. <https://www.utn.edu.ec/investiga2022/>

Villanueva-Reyes, J. (2004). Biología de las glándulas sudoríparas ecrinas.

*Dermatología y Cirugía Dermatológica*, 12(1), 51.

X-Rite. (2013). *Manual de operação Color i5*. <https://www.xrite.com/->

[/media/xrite/files/manuals\\_and\\_userguides/c/o/color\\_i5\\_manual\\_pt.pdf](https://www.xrite.com/-/media/xrite/files/manuals_and_userguides/c/o/color_i5_manual_pt.pdf)

Xu, M. (2017). Dye Sublimation Inkjet Inks and Applications. *Handbook of Industrial*

*Inkjet Printing: A Full System Approach*, 1–2(Ici), 179–194.

<https://doi.org/10.1002/9783527687169.ch9>

## ANEXOS

### Anexo 1

Certificado de uso de laboratorio de la Carrera de Textiles



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**LABORATORIO DE PROCESOS TEXTILES DE LA CARRERA**  
**DE INGENIERÍA TEXTIL**



Ibarra, 01 de junio del 2023

#### CERTIFICADO DE LABORATORIO

Yo, Ingeniero **Fausto Gualoto M.** en calidad de responsable del laboratorio de procesos textiles de la Carrera de Ingeniería Textil:

#### CERTIFICO

Que la señorita **CHULDE COLIMBA KATHERIN GABRIELA**, estudiante de la Carrera de Textiles portadora de la cédula de ciudadanía N° 1004732499, ha realizado ensayos de laboratorio referentes al Proyecto de Tesis de grado titulado "**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA SOLIDEZ A LA LUZ EN PRENDAS SUBLIMADAS CON TINTA EPSON: CIAN T46C2, MAGENTA T46C3, AMARILLO T46C4 Y NEGRO T46C8; SOBRE TEJIDOS JERSEY POLIÉSTER Y NYLON**", los equipos utilizados en el laboratorio son:

- **TRUFADE** - Norma INEN ISO 105 B02 Solidez del color a la luz artificial: Prueba de lámpara de desvanecimiento por arco de xenón
- **ESPECTROFOTÓMETRO X-RITE I5** - Determinación de la degradación del cambio de color mediante escala de grises.
- **BALANZA ELECTRÓNICA**

Además, se le ayudó con las asesorías necesarias para cumplir a cabalidad la metodología establecida en cada una de las normas.

Atentamente:



**ING. GUALOTO FAUSTO M.**  
**RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE PROCESOS TEXTILES – CTEX**

## Anexo 2

## Ficha técnica del tejido nylon

				<b>PF 0000</b> <b>27-ENERO-2023</b>		
<b>FICHA TÉCNICA</b> <b>REFERENCIA: 920</b>						
COMPOSICIÓN DE LA MATERIA PRIMA				ORIGEN	POSICIÓN ARANCELARIA	
POL %	NYL %	ALG %	SPA %		<b>60.04.10.00.00</b>	
	93			CHINA		
			7	VIETNAM		
ESTA COMPOSICIÓN DE MATERIA PRIMA PUEDE VARIAR 3% POR ENCIMA O POR DEBAJO. AATCC 20A.						
CARACTERÍSTICAS			ESPECIFICACIONES			NORMA INTERNACIONAL
ANCHO			1.40m	1.50m	1.60m	ASTM 3774
PESO X METRO CUADRADO			140	150	160	ASTM 3776
RENDIMIENTO			4.11	4.43	4.74	N/A
ELONGACIÓN LARGO %			110	120	130	N/A
ELONGACIÓN ANCHO %			120	130	140	N/A
			LIM INF.	MEDIA.	LIM SUP.	
SOLIDEZ AL COLOR 2A			3.5 Mínimo.			AATCC 61
ENCOGIMIENTO.						AATCC 135
PRECAUCIONES: Ver al respaldo.						
APARIENCIA (Tono, Aspecto) O. K.						
<b>OBSERVACIONES</b>						
Esta ficha técnica tiene una vigencia de 4 meses a partir de su expedición; después de este tiempo solicite una actualización de la misma ya que sus consumos pueden variar.						
<b>ROBINSON AUGUSTO BEDOYA.</b> Jefe de producción.			<b>SIMON PARRA.</b> Jefe de Calidad.			
Cra. 50 N 98 A SUR 58 - PBX: 3220165 - La Estrella - Antioquia - Col. <a href="mailto:certlorigen@textilspuntoflex.com">certlorigen@textilspuntoflex.com</a> / <a href="http://www.textilspuntoflex.com">www.textilspuntoflex.com</a>						

**Anexo 3***Caracterización del tejido***Anexo 4***Proceso de impresión y sublimado***Anexo 5***Caracterización de los tejidos poliéster y Nylon*

## Anexo 6

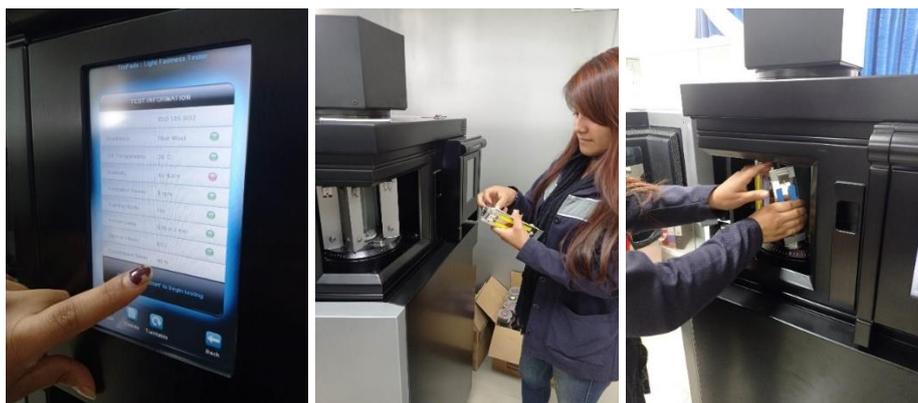
### *Muestras de poliéster y nylon*



**Nota:** La fila superior de muestras corresponde al tejido nylon, y la inferior corresponde al tejido poliéster.

## Anexo 7

### *Ingreso de muestras al Trufade*



## Anexo 8

### *Evaluación en el espectrofotómetro*

