



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS.**

**CARRERA DE TEXTILES**

**INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN**

**CURRICULAR, MODALIDAD PRESENCIAL**

**TEMA:**

**“APLICACIÓN DE ÁCIDO CÍTRICO EN TEJIDO  
BLANQUEADO JERSEY 100 % ALGODÓN, PARA EVITAR EL  
AMARILLAMIENTO POR LA EXPOSICIÓN PROLONGADA AL SOL”**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Textil.**

**Línea de investigación:** Producción Industrial y Tecnología Sostenible.

**Autor:** Jefferson Alejandro Campos Narváez.

**Director:** MSc. José Rafael Posso Pasquel.

**Ibarra - 2023**



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

#### 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:

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	080398066 – 3		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Campos Narváez Jefferson Alejandro		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Luis Fernando Villamar y Manuel España		
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:jacamposn@utn.edu.ec">jacamposn@utn.edu.ec</a>		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	062 512 335	<b>TELF.MÓVIL</b>	0958828441

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	“APLICACIÓN DE ÁCIDO CÍTRICO EN TEJIDO BLANQUEADO JERSEY 100 % ALGODÓN, PARA EVITAR EL AMARILLAMIENTO POR LA EXPOSICIÓN PROLONGADA AL SOL”.
<b>AUTOR:</b>	Campos Narváez Jefferson Alejandro.
<b>FECHA:</b>	31/10/2023
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> GRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
<b>TÍTULO POR EL QUE SE OPTA:</b>	Ingeniero Textil.
<b>DIRECTOR:</b>	MSc. José Rafael Posso Pasquel

**CONSTANCIAS**

El autor manifiesta que la obra, objeto de la presente autorización es original y se desarrolló sin violar derecho de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es 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 31 días del mes de octubre del 2023

**EL AUTOR:**

Firma:

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Jefferson Alejandro Campos Narváez', written in a cursive style.

Nombre: Jefferson Alejandro Campos Narváez

**CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN  
CURRICULAR**

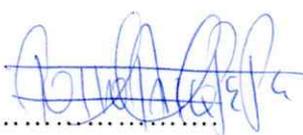
Ibarra, 31 de octubre del 2023

José Rafael Posso Pasquel.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final de Trabajo de Titulación, 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. José Rafael Posso Pasquel

C.C.: 1002525788

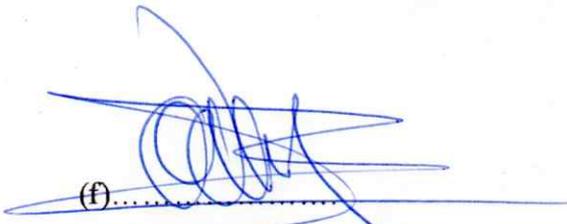
## APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificador de trabajo de Titulación “Aplicación de Ácido Cítrico en tejido blanqueado Jersey 100 % Algodón, para evitar el amarillamiento por la exposición prolongada al sol” elaborado por Campos Narváez Jefferson Alejandro, previo a la obtención del título de Ingeniero Textil, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

(f) 

MSc. José Rafael Posso Pasquel

C.C.: 1002525788

(f) 

MSc. Omar Vinicio Godoy Collaguazo

C.C.: 1003083936

## DEDICATORIA

*El presente trabajo de grado esta de dedicado a Dios, ya que, gracias a él, he logrado terminar mi carrera, a mi madre Rocío Narváez, por estar siempre a mi lado brindándome su apoyo y consejos para hacer de mi un mejor ser humano; a mis hermanos: Josua, Benjamín e Isaac por sus palabras cuando nos hemos reunido, a mí padre Jefferson Campos aunque no este conmigo de manera física sé que siempre me cuida desde el cielo y me guía para que todo salga bien; a Myrka Casanova debido a que sus palabras de apoyo fueron importantes para la elaboración de esta tesis. En general, dedico este proyecto de grado a todas esas personas que aportaron con un granito de arena para el logro y finalización de este proyecto.*

***Campos Narváez Jefferson Alejandro.***

## AGRADECIMIENTO

*A mi familia, les agradezco por la confianza puesta en mi ser y apoyo desde que tengo uso de razón y memoria; en mi proceso de crecer todos los días como ser humano, no podría continuar llevándose a cabo si no fuese por ellos, que son el centro de mi vida. Sin duda, quiero agradecer a mi madre Rocío Narváez, que sin su soporte incondicional tanto en el ámbito personal como académico no estaría donde me encuentro ahora, debido a que, su amor no tiene límites y va más allá del espectro visible, porque nunca me ha soltado las manos hasta ahora que tengo que seguir mi propio camino; por otra parte, agradecido con Dios y las bendiciones que derrama sobre mi linaje y las personas que son cercanas a mi vida.*

*De la misma forma quiero agradecer a mi mami Esther Quinteros, papi Manuel Narváez, quienes me acogieron en su hogar, me brindaron cobijo dentro su morada, donde pude comenzar, continuar y finalizar mis estudios de tercer nivel para egresar y formarme como Ingeniero Textil.*

*A su vez agradezco también al MSc. José Posso, por ser mi director de tesis, puesto que; sus conocimientos, experiencia información técnica y sabiduría fueron fundamentales en todo momento, siendo de mentor importante para el buen desarrollo del proyecto de grado*

*Por último, quiero agradecer a la prestigiosa Universidad Técnica del Norte y de manera especial a la Carrera de Textiles con cada uno de sus docentes quienes supieron guiarme en mis años de estudios dentro de la institución con sus enseñanzas, consejos y experiencias que me servirán en mi formación como profesional en la ingeniería textil.*

**Campos Narváez Jefferson Alejandro.**

## RESUMEN

El presente estudio se enfoca en analizar un acabado funcional con la singularidad de prevenir el amarillamiento causado por la exposición ante los rayos UV, en consecuencia, para el desarrollo de la investigación se empleó ácido cítrico mediante la aplicación química por impregnación en diferentes dosificaciones de 10/ 23 y 35 g/L, en un mismo baño utilizando un porcentaje del 20% de micro emulsión de silicona con ayuda del foulard sobre 3 tejidos blanqueados de algodón 100%. Por lo tanto, se obtuvieron muestras representativas del sustrato textil siendo una probeta base que no fue exteriorizada al sol y muestras con proceso de lavado (CP), sin proceso de lavado (SP) y sin ningún proceso (SNP). De manera que, estas ingresaron a una cámara de cristal siendo expuestas un total de 120 horas a la radiación solar. Una vez terminado el tiempo de exposición, las probetas fueron sometidas a una medición instrumental del color mediante el espectrofotómetro X-Rite i5, donde se pudieron precisar los grados Berger y Deltas E de las coordenadas Cielab entre las probetas ya mencionadas. En concordancia con los resultados obtenidos, se puede inferir que cuando aumenta la dosificación de ácido cítrico y se efectúa un proceso de lavado el índice de blancura (W.I.) tienden a aumentar en un promedio del 73% a diferencia de las probetas sin procesos de lavado que disminuyeron en un 41%; sin embargo, estos valores fueron mayores que la probeta que no tuvo ningún proceso con un 34% siendo inferior a las demás.

**Palabras clave:** Foto Radiómetro, Impregnación, Durabilidad del acabado, Ondas electromagnéticas, Proceso de secado.

## ABSTRACT

The present study focuses on analyzing a functional finish with the unique feature of preventing yellowing caused by exposure to UV rays. Consequently, for the research development, citric acid was employed through chemical impregnation at different dosages of 10/23 and 35 g/L. Simultaneously, a 20% micro emulsion of silicone was used with the assistance of a foulard on three bleached 100% cotton fabrics. Therefore, representative samples of the textile substrate were obtained, including a baseline specimen that was not exposed to sunlight and samples with a washing process (CP), without a washing process (SP), and without any process (SNP). Subsequently, these samples were placed in a glass chamber and exposed to a total of 120 hours of solar radiation. Once the exposure time was completed, the specimens underwent instrumental color measurement using the X-Rite i5 spectrophotometer, where the Berger whiteness index and Delta E values of the CIELAB coordinates among the aforementioned specimens could be determined. In line with the results obtained, it can be inferred that with an increase in the citric acid dosage and the implementation of a washing process, the whiteness index (W.I.) tends to increase by an average of 73%, in contrast to the specimens without washing processes, which decreased by 41%. However, these values were higher than the specimen that underwent no process, with a decrease of 34%, making it lower than the others.

**Keywords:** Photo Radiometer, Impregnation, Finish durability, Electromagnetic waves, Drying process.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Descripción del tema .....	1
1.2 Antecedentes.....	2
1.3 Importancia del estudio.....	3
1.4 Objetivo general.....	4
1.5 Objetivos específicos .....	5
1.6 Características del sitio del proyecto .....	5
CAPÍTULO II.....	7
ESTADO DEL ARTE .....	7
2.1 Estudios previos .....	7
2.1.1 Acabado químico .....	7
2.1.2 Ácido cítrico.....	7
2.1.3 Micro emulsión de silicona (S.M.E) .....	8
2.1.4 Ligamento Jersey de Algodón.....	9
2.1.5 Impregnación, Foulard .....	9
2.1.6 Exposición Solar .....	10
2.1.7 Radiación y longitud de onda.....	10
2.1.8 Degradación, amarillamiento en tejido de algodón .....	11
2.1.9 Coordenadas Cielab .....	11
2.2 Marco Legal. ....	12
2.2.1 Constitución de la República del Ecuador.....	12
2.2.2 Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte.....	13
2.2.3 Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores, Decreto Ejecutivo 2393. ....	13
2.3 Marco Conceptual.....	14
2.3.1 Acabado Químico. ....	14
2.3.2 Ácido Cítrico.....	14

2.3.3 Micro emulsión de silicona (S.M.E) .....	15
2.3.4 Ligamento Jersey de algodón.....	16
2.3.5 Impregnación, Foulard.....	16
2.3.6 Exposición solar. ....	17
2.3.7 Radiación y longitud de onda. ....	18
2.3.8 Degradación, amarillamiento de tejido de algodón. ....	19
2.3.9 Coordenadas CIE L.A.B. ....	19
2.3.10 Índice de blancura Berger (W.I) .....	21
CAPÍTULO III .....	23
METODOLOGÍA.....	23
3.1 Tipos de investigación a aplicar. ....	23
3.1.1 Investigación exploratoria.....	23
3.1.2 Investigación experimental. ....	23
3.1.3 Investigación comparativa. ....	24
3.1.4 Investigación explicativa.....	24
3.2 Normas .....	25
3.2.1 Medición instrumental de la profundidad del color ISO 105 A 06.....	25
3.2.2 Procedimientos de lavado y secado domésticos para ensayos textiles ISO 6330:2012.....	25
3.3 Flujogramas.....	26
3.3.1 Flujograma general. ....	26
3.3.2 Flujograma muestral. ....	26
3.4 Equipos y materiales. ....	31
3.4.1 Equipo de laboratorio por impregnación, Foulard. ....	32
3.4.2 Equipo de laboratorio para lavado doméstico, Wascator. ....	33
3.4.3 Espectrofotómetro de color .....	34
3.4.4 Foto Radiómetro.....	34
3.4.5 Túnel de secado. ....	35

3.4.6 Caja de cristal. ....	36
3.4.7 Muestras de tejido Jersey Blanqueado 100% algodón. ....	36
3.4.8 Ácido cítrico. ....	37
3.4.9 Micro emulsión de silicona. ....	37
3.5 Procedimiento.....	38
3.6 Proceso operativo. ....	41
3.6.1 Medición de la irradiación UVA, UVB, UVC.....	47
3.6.2 Solidez del acabado al lavado doméstico.....	47
3.6.3 Determinación de las coordenadas colorimétricas.....	47
3.6.4 Determinación de las coordenadas colorimétricas después del lavado.....	48
CAPÍTULO IV.....	49
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	49
4.1 Resultados.....	49
4.1.1 Tablas de resultados de la irradiación ( $W/m^2$ ).....	49
4.1.2 Tabla de resultados, grados Berger y coordenadas Cielab.....	53
4.1.3 Tabla de resultados, grados Berger y coordenadas Cielab después del lavado. .	55
4.1.4 Tabla general de resultados de la irradiancia, grados Berger y coordenadas Cielab antes y después del lavado.....	56
4.2 Discusión de resultados. ....	58
4.2.1 Análisis de la varianza. ....	58
4.2.2 Normalidad de datos .....	59
4.2.3 Análisis de resultados.....	61
4.2.4 Análisis de la tabla general de resultados de la irradiancia, grados Berger y coordenadas Cielab antes y después del lavado.....	63
CAPÍTULO V.....	66
5.1 Conclusiones. ....	66
5.2 Recomendaciones. ....	67
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
ANEXOS.....	73

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Longitud de onda</i> .....	18
Tabla 2 <i>Instrumentos, insumos y máquinas de laboratorio.</i> .....	32
Tabla 3 <i>Foulard, modelo HFR</i> .....	33
Tabla 4 <i>Wascator, modelo FOM71 CLS</i> .....	33
Tabla 5 <i>Espectrofotómetro, modelo X-RITE</i> .....	34
Tabla 6 <i>Foto Radiómetro, modelo Delta OHM</i> .....	35
Tabla 7 <i>Túnel de secado Textil</i> .....	35
Tabla 8 <i>Ácido cítrico</i> .....	37
Tabla 9 <i>Caracterización del Tejido</i> .....	38
Tabla 10 <i>Dosificación de químicos para la muestra 1 en las probetas K2 y K3</i> .....	40
Tabla 11 <i>Dosificación de químicos para la muestra 2 en las probetas K2 y K3</i> .....	40
Tabla 12 <i>Dosificación de químicos para la muestra 3 en las probetas K2 y K3</i> .....	40
Tabla 13 <i>Muestra 1, con una dosificación de 10 g/l de ácido cítrico y 20% S.M.E</i> .....	42
Tabla 14 <i>Muestra 2, con una dosificación de 23 g/l de ácido cítrico y 20% S.M.E.</i> .....	42
Tabla 15 <i>Muestra 3, con una dosificación de 35 g/l de ácido cítrico y 20% S.M.E.</i> .....	42
Tabla 16 <i>Parámetros de trabajo del túnel de secado</i> .....	43
Tabla 17 <i>Parámetros de trabajo del Wascator y secado</i> .....	44
Tabla 18 <i>Medición de radiación, 0 horas de exposición solar sobre, probetas(K1,K2,K3)</i> ...	50
Tabla 19 <i>Medición de radiación, 30 horas de exposición sola sobre, probetas(K1,K2,K3)</i> ...	51
Tabla 20 <i>Medición de radiación, 60 horas de exposición solar sobre, probetas(K1,K2,K3)</i> .	51
Tabla 21 <i>Medición de radiación, 90 horas de exposición solar sobre, probetas(K1,K2,K3)</i> .	51
Tabla 22 <i>Medición de Radiación,120 horas de exposición solar sobre, probetas(K1,K2,K3)</i>	52
Tabla 23 <i>Grados Berger y coordenadas Cielab de probetas sin proceso de lavado (SP)</i> .....	54
Tabla 24 <i>Grados Berger y coordenadas Cielab de probetas con proceso de lavado (CP)</i> .....	55
Tabla 25 <i>Grados Berger, coordenadas Cielab de probetas SP-CP-SNP</i> .....	56
Tabla 26 <i>Promedio de la toma de irradiancia a distintas horas del día</i> .....	57
Tabla 27 <i>Porcentajes promedio en base a la tabla general de Radiación UV</i> .....	63
Tabla 28 <i>Grados Berger de las probetas de algodón expuestas a 120 horas de luz solar</i> .....	65

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Ubicación , Carrera de Textiles</i> .....	6
Figura 2 <i>Estructura química del ácido cítrico anhidra y mono hidrato</i> .....	8
Figura 3 <i>Estructura del Tejido Jersey</i> .....	9
Figura 4 <i>Espectro de la radiación solar</i> .....	11
Figura 5 <i>Coordenadas Cielab</i> .....	12
Figura 6 <i>Amarillamiento en mezcla de tejidos poli algodón.</i> .....	19
Figura 7 <i>Gráfica del Color Tridimensional</i> .....	20
Figura 8 <i>Diferencia del color de manzanas</i> .....	21
Figura 9 <i>Flujograma General</i> .....	26
Figura 10 <i>Grupos, Probetas de Algodón</i> .....	27
Figura 11 <i>Flujograma muestral</i> .....	30
Figura 12 <i>Segmentación alfanumérica de probetas del algodón</i> .....	31
Figura 13 <i>Caja de cristal</i> .....	36
Figura 14 <i>Tejido Jersey</i> .....	36
Figura 15 <i>Micro emulsión de Silicona</i> .....	37
Figura 16 <i>Segmentación de Probetas</i> .....	44
Figura 17 <i>Grupo de probetas K2</i> .....	45
Figura 18 <i>Cámara de Cristal y probetas de algodón 100%</i> .....	46
Figura 19 <i>Medición instrumental de muestras</i> .....	47
Figura 20 <i>90 Horas de exposición solar, probetas de algodón.</i> .....	50
Figura 21 <i>120 Horas de exposición solar, probetas de algodón</i> .....	53
Figura 22 <i>Intensidad de Radiación UV a distintas horas</i> .....	53
Figura 23 <i>Probetas de algodón, sin proceso de lavado (SP)</i> .....	54
Figura 24 <i>Probeta (SNP) y probeta (CP) 10 g/L</i> .....	55
Figura 25 <i>Probetas de algodón con proceso de lavado (CP)</i> .....	56
Figura 26 <i>Comparación y diferencia entre probetas de algodón SP-CP-SNP</i> .....	57
Figura 27 <i>Test de Varianza Anova</i> .....	58
Figura 28 <i>Análisis de la Varianza</i> .....	59
Figura 29 <i>Normalidad de Datos</i> .....	60
Figura 30 <i>Decoloración, base de papel usado para mantener fijas las probetas de algodón.</i> .....	61
Figura 31 <i>Coefficiente de correlación</i> .....	62
Figura 32 <i>Promedio de irradiancia a distintas horas</i> .....	63
Figura 33 <i>Porcentaje en barras de coordenadas Cielab y grados Berger</i> .....	64

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> <i>Certificado del laboratorio de Calidad Textil de la Carrera CTEX</i> .....	73
<b>Anexo 2</b> <i>Ficha técnica micro emulsión de silicona Parte 1</i> .....	74
<b>Anexo 3</b> <i>Ficha técnica micro emulsión de silicona Parte 2</i> .....	75
<b>Anexo 4</b> <i>Grados Berger, coordenadas Cielab de probeta estándar o base ,</i> .....	76
<b>Anexo 5</b> <i>Diferencia de temperatura en la cámara de cristal</i> .....	76
<b>Anexo 6</b> <i>Exposición de probetas al sol, Carrera de Textiles.</i> .....	77
<b>Anexo 7</b> <i>Humedad relativa en la cámara de cristal</i> .....	78
<b>Anexo 8</b> <i>60 horas de exposición prolongada al sol sobre las probetas de algodón</i> .....	78
<b>Anexo 9</b> <i>120 horas de exposición prolongada al sol sobre las probetas de algodón</i> .....	79

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

El amarillamiento en los sustratos textiles, especialmente en los tejidos blancos, es un problema que puede estar presente en la fabricación, empaquetado, guardado, transporte y uso; esto a su vez, ocasiona un aspecto de envejecimiento sobre el tejido, de la misma forma, el amarillamiento de un sustrato textil también se debe a una degradación del mismo material, debido a factores ambientales como la prolongada exposición a la radiación UV, luz solar o luz del sol, contaminantes atmosféricos, envejecimiento de las fibras por calor excesivo, uso prolongado del tejido, entre otros; los cuales, provocan una alteración de tono y de sobre manera que afecten a la resistencia, tracción, abrasión y alargamiento a la rotura de las fibras (Solé, 2012).

En la actualidad, en el área de tintorería y acabados, la aplicación de ácido cítrico está presente como un producto acidulante tamponado para mantener estable el pH en baños de tintura con colorantes dispersos; otra opción, es la aplicación y de manera directa como agente blanqueador al momento del lavado para eliminar manchas o amarillamientos que se presentan en los tejidos blancos de material sintético, natural o mezclas de estos.

#### 1.1 Descripción del tema

Este trabajo de investigación tuvo como finalidad la aplicación de ácido cítrico en distintas dosificaciones, a probetas/muestras de tejido Jersey blanco 100% algodón, mediante el equipo Foulard, ubicado en el laboratorio de procesos físico químicos de la Carrera de Textiles; donde, las muestras impregnadas con el acabado y sin acabado estuvieron expuestas a la exposición prolongada del sol; finalmente, siendo estas examinadas en el espectrofotómetro de color en el cual, se pudo precisar bajo la norma ISO 105 A06 (Profundidad del color) el cambio de tono en las probetas, donde se midieron las coordenadas Cielab y grados Berger de blancura.

## 1.2 Antecedentes

El ácido cítrico (C.A.), en esencia es un ácido orgánico natural, el cual se encuentra en frutas cítricas y en algunos vegetales; a su vez, está presente en pequeñas proporciones de tejidos animales, por ejemplo: en huesos, sangre y músculos. Por otra parte, este elemento compuesto de la tabla periódica puede ser sintetizado en un laboratorio obteniéndose un polvo blanco cristalino (Muñoz Villa et al., 2014).

En la actualidad, la producción mundial del C.A. está destinado un 70% a la industria alimenticia como conservante de alimentos y bebidas, de la misma forma empleado para otorgar mejor aroma y sabor; un 20% de C.A. es utilizado por empresas cosméticas y farmacéuticas como conservante de vitaminas, ungüentos y tabletas; por último, “el 10% restante, se emplea como un agente de formación de espuma para el ablandamiento y el tratamiento de textiles” (Muñoz Villa et al., 2014, p. 36).

En la industria textil, cabe destacar que el C.A. es usado para la fijación de los colorantes en las fibras sintéticas, como regulador del potencial de hidrógeno siendo este un agente acidulante-tamponado; así mismo, como acidificante en procesos de acabados ignífugos, secuestrante, he inclusive como catalizador para resinas de fácil cuidado; también es empleado para la eliminación de minerales presentes en el agua dura y que estos no provoquen el taponamiento en las tuberías de las máquinas de tintura (Nortem, 2019).

Se puede añadir que las soluciones de ácido C.A. se usan para quitar hierro, calcio y otros cationes que ensucian el acetato celuloso en equipos de osmosis y electrodiálisis, además de ser considerado como bactericida en concentraciones del 2 al 5% (Garriga et al., 2005).

En lo que respecta al C.A, tiene diversas formas de aplicación; desde emplearse como saborizante artificial o aditivo para medicamentos y maquillajes hasta ser utilizado como un auxiliar en procesos de tinturado en tal sentido, también ha sido empleado en lavados

domésticos por su acción bactericida y pH ácido para quitar manchas (amarillamientos) o, como suavizante, siempre y cuando se empleen las cantidades necesarias para cada proceso. Por esta razón, solo debe ser aplicado en ropa blanca; ya que, tiene el efecto blanqueador similar al cloro sobre los tejidos.

Si bien es cierto el C.A. es comúnmente usado como un precursor dentro del área de tintorería y acabados; también es empleado como agente blanqueador y bactericida de uso doméstico, por tal motivo no debe ser descartado como un nuevo campo de estudio sobre la prevención y eliminación del amarillamiento en los tejidos blancos.

### **1.3 Importancia del estudio**

La industria textil se ha caracterizado principalmente en la elaboración de todo tipo de tejidos con el fin de crear o fabricar sustratos textiles que cubran las necesidades de los consumidores, he ir mejorando sus productos para los usuarios; por esta razón, uno de tantos problemas que puede presentar una empresa en sus tejidos blancos, es el amarillamiento de las fibras celulósicas, proteicas, sintéticas y sus mezclas, provocados por contaminantes atmosféricos como: la luz solar o rayos UV; contaminantes transferidos causados por plásticos o cartones, contaminantes del consumidor debido al sudor, cremas, perfumes entre otros y aditivos o auxiliares químicos mal empleados, además en el Boletín Técnico de Cotton (2002) se menciona que, “Investigaciones han mostrado que las fibras naturales como el algodón se degradan y muestran un amarillamiento similar al de las fibras sintéticas como el nylon”(pp.3).

Por otro lado, un tipo de contaminación que puede afectar a los tejidos blancos, es la producida por la radiación solar; puesto que, los rayos UV tienen una longitud de onda que se comprende entre los 100 y 400 nanómetros; a su vez, esta sub dividida en 3 tipos de onda: UVA de 315 – 400 nm, UVB de 280 – 315 nm y UVC de 100 a 280 nm; Garnacho, Vallejo y Moreno (2020) citan que: “Entre el 5 -10% de la RUV que alcanza la superficie terrestre son

radiaciones de energía muy elevadas”(pp.377.e2); por consiguiente, la mayor cantidad de rayos UV que afectarían a un sustrato textil son los rayos UVA al no ser absorbidos por la capa de ozono, a diferencia de los rayos UVC y en menor medida los rayos UVB (Garnacho et al., 2020).

Esta radiación sobre un sustrato textil blanco no solo generaría el amarillamiento y degradación de las fibras, a su vez provocaría un aspecto de envejecimiento en la tela, lo cual no da un buen matiz visual disminuyendo la calidad de manera similar para tejidos naturales y sintéticos.

Es necesario recalcar que esta investigación no inquirió en la eliminación del amarillamiento, si no en la prevención de este, mediante una aplicación química del ácido cítrico en distintas dosificaciones y micro emulsión de silicona sobre un sustrato textil blanqueado de origen natural, en el cual se pretendió evidenciar el efecto de este elemento al estar impregnado y ser expuesto a los rayos solares o radiación UV a condiciones prolongadas de luz solar.

Por ende, este proyecto busca amplificar el estudio en la influencia del C.A. sobre los tejidos celulósicos efectuando las respectivas pruebas de laboratorio bajo las normas establecidas y evidenciando con los instrumentos necesarios si existe o no una alteración de tono, dando un alcance el cual pueda ser objeto de nuevas investigaciones; y fomentar el estudio en mejora de la calidad de los sustratos textiles.

#### **1.4 Objetivo general**

- Aplicar ácido cítrico en tejido blanqueado Jersey 100% algodón, para evitar el amarillamiento por la exposición prolongada al sol.

### **1.5 Objetivos específicos**

- Investigar en diferentes fuentes bibliográficas la información técnica acerca del ácido cítrico, la degradación por rayos UV en textiles y el amarillamiento en tejidos blancos 100% algodón.
- Aplicar ácido cítrico por impregnación a un tejido blanco Jersey 100% algodón en distintas concentraciones mediante el equipo foulard y, exponer las probetas obtenidas del tejido a condiciones prolongadas de radiación solar.
- Determinar con el espectrofotómetro de color el cambio de coordenadas colorimétricas mediante la NORMA ISO 105 A06 (Profundidad del color), en las probetas que fueron expuestas a condiciones prolongadas de radiación solar.
- Analizar y comprar los resultados obtenidos de las probetas del tejido blanco Jersey 100% algodón mediante métodos estadísticos.

### **1.6 Características del sitio del proyecto**

El proyecto de investigación se llevó a cabo en la provincia de Imbabura, cantón Ibarra sector, Azaya con las coordenadas  $0^{\circ}22'45.0''N$   $78^{\circ}07'19.4''W$  entre las calles Morona Santiago y Luciano Solano Sala como se observa en la Figura 1; la Carrera de Textiles perteneciente a la Facultad de Ingeniería en Ciencias aplicadas de la Universidad Técnica del Norte, que cuenta con el equipo normalizado y la tecnología idónea para el desarrollo de la parte práctica del trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Textil.

**Figura 1**

*Ubicación, Carrera de Textiles*



**Fuente:** (Google, 2003)

## CAPÍTULO II

### ESTADO DEL ARTE

#### 2.1 Estudios previos

##### 2.1.1 Acabado químico

Es aquel, que por aplicación directa sobre los sustratos textiles, tiende a mantener reacciones químicas entre el tejido y producto de origen natural, artificial o sintético en un medio controlado en el cual, se pueden utilizar compuestos de cadenas largas, compuestos de amoniaco cuaternario, derivados de la celulosa, entre otros, modificando las propiedades iniciales de un tejido (J. Peñafiel, 2018).

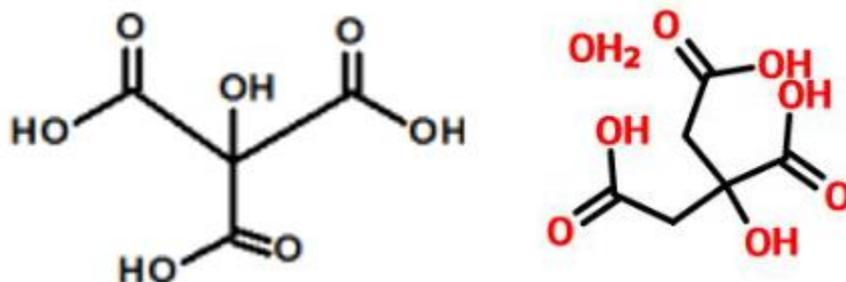
A su vez, también se define como aquel proceso en el cual, un textil cualquiera modifica su estructura física o química dando como resultado una variante del tejido inicial; por ejemplo: textiles hidrofóbicos, anti inflamables o ignífugos, resistentes a la radiación solar, inarrugables etc. Así mismo, existen diversos procesos para ennoblecer o brindar características a los sustratos textiles, los cuales pueden modificar la apariencia, tacto o comportamiento de un tejido en beneficio de los fabricantes y/o para los consumidores (Bugaders, 2020).

##### 2.1.2 Ácido cítrico

El C.A. o ácido 2-hidroxi-1,2,3-propanotricarboxílico, es un compuesto carboxílico debido a su origen natural, se encuentra en frutas cítricas incluso en la mayoría de los tejidos animales y vegetales; este elemento compuesto puede ser sintetizado en un laboratorio de manera anhidra o como mono hidrato derivándose en un polvo blanco cristalino (Muñoz Villa et al., 2014); la diferencia entre estos dos tipos de ácido, radica en su estructura molecular; conteniendo solo, el ácido cítrico mono hidrato una molécula de agua como se observa en la Figura 2.

**Figura 2**

*Estructura química del ácido cítrico anhidra y mono hidrato*



**Fuente:** (Muñoz Villa et al., 2014)

### 2.1.3 Micro emulsión de silicona

Hablando de manera general, las siliconas en la industria textil son polímeros comúnmente usados; dado que, los tejidos tratados con este compuesto muestran una alta repelencia al agua o hidrofobicidad, un mejor aspecto liso y una mejor percepción suave al tacto (Gutiérrez-Bouzán & Rodríguez-Urrioz, 2010).

Asimismo, las siliconas presentan ciertas propiedades favorables para su aplicación en artículos textiles, tales como: estabilidad térmica, resistencia química, elasticidad y flexibilidad duradera, excelente aislante eléctrico, resistencia a la tracción, antiespumantes, resistencia microbiana, resistencia a rayos UV y además son extremadamente inertes, lo cual implica que son no tóxicas. (Gutiérrez-Bouzán and Rodríguez-Urrioz, 2010 pp. 54)

En consecuencia, las micro emulsiones de silicona o microlátexs de poliacrilamida, otorgan una gran estabilidad por el tamaño de partícula, obteniendo un mejor manejo y una liberación más eficaz en la micro encapsulación de fármacos, inmovilización de anticuerpos y “encapsulación de células para estudios de difusión en reacciones fotoquímicas”.(Chugá, 2011, pp. 11)

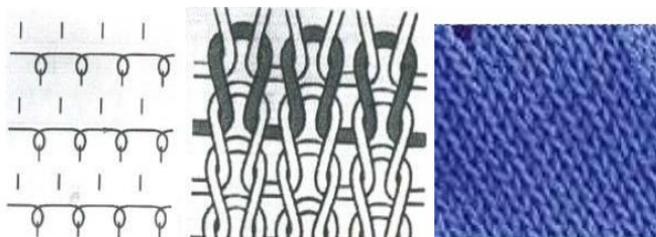
### 2.1.4 Ligamento Jersey de Algodón

Este sustrato textil, a nivel mundial es uno de los más empleados por su confort y suavidad, principalmente es elaborado de algodón (CO) y una mezcla de poliéster/algodón (PES/CO); este ligamento es fabricado en máquinas circulares también denominadas máquinas de tejido de punto; su estructura de malla es simple como se muestra en la Figura 3 debido a que es fabricada con una fontura de agujas, la cual le permite a este ligamento (tejido) estirarse tanto de manera vertical como horizontalmente, además de contar con un bajo gramaje (Baltanás et al., 2006). Sin embargo, este tipo de tejido se lo puede fabricar en diferentes gramajes, lo cual hace de éste, que sea un ligamento versátil y apto para ser usado en la fabricación de ropa liviana como:

- Playeras, poleras, sudaderas.
- Ropa interior, trajes de baño.

#### Figura 3

*Estructura del Tejido Jersey*



**Fuente:** (Baltanás et al., 2006)

### 2.1.5 Impregnación, Foulard

El proceso de impregnación por Foulard consiste en sumergir un sustrato textil en una tina o cuba de baño que contenga una disolución o solución de colorante o acabado químico en un medio acuoso, el cual posteriormente por medio de unos rodillos a presión se eliminará el exceso de producto depositado en el tejido, dando como resultado la impregnación; cabe mencionar que, dicho proceso está incompleto ya que siempre va a ser necesario un paso

posterior para fijar el producto al textil como una rama termo fijadora, túnel de secado, vaporizadores entre otros (Benninger et al., 2016).

### **2.1.6 Exposición Solar**

Los rayos del sol, luz solar o RUV es un tipo de energía ambigua; ya que, puede generar beneficios y daños a la salud de las personas dependiendo del tiempo de exposición a la cual se encuentren sometidos; debido a que, “hoy es bien conocido que la radiación solar sobre la piel provoca envejecimiento precoz y cáncer”(Salmentón López, 2000 pp. 1).

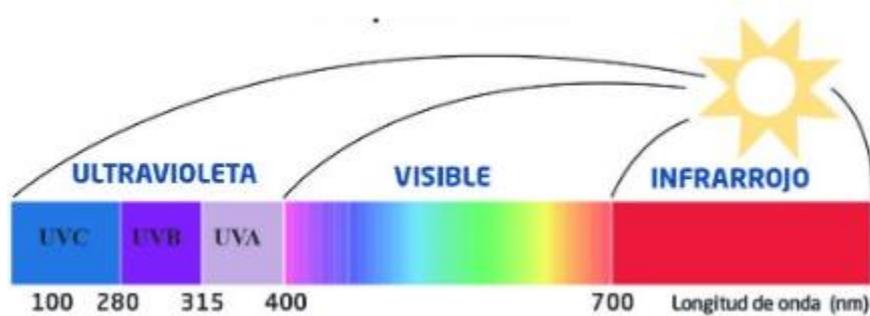
Mientras en los sustratos textiles por el tipo de estructura del tejido, color, fibra o fibras que lo conforman, aprestos y acabados determinarán la “cantidad de radiación ultravioleta transmitida y absorbida” (Solé, 2012) lo cual provocará reacciones físicas y químicas sobre los mismos.

### **2.1.7 Radiación y longitud de onda**

La radiación solar comprende un amplio espectro de energía en longitudes de onda electromagnéticas no ionizantes, que en pequeñas cantidades arriban a la superficie de la corteza terrestre, siendo estas importantes para que pueda darse la vida en el planeta tierra; existen diferentes tipos de radiación solar tal como:

- La Radiación Visible (Luz de día).
- La Radiación Infrarroja (IR).
- La Radiación Ultravioleta. (UV)

La radiación ultravioleta está dividida en UVC, UVB, UVA y comprendidas entre una longitud de onda de 100 a 400 nanómetros como se muestra en la Figura 4, siendo la Radiación UVC la menos peligrosa para la salud, ya que son detenidas por la capa de ozono; a su vez, estas pueden ser cuantificadas en ángstroms (Å), metros (m) y nanómetros (nm). (Moraima et al., 2010).

**Figura 4***Espectro de la radiación solar***Fuente:** (Educa, 2023)

### 2.1.8 Degradación, amarillamiento en tejido de algodón

La degradación o deterioro de sustratos textiles principalmente en tejidos de algodón pueden producirse por: condiciones ambientales, mal empaquetado “traslado/guardado”, uso incorrecto de químicos entre otros, de tal forma que lleguen a dañar internamente la fibra del sustrato textil, perdiendo resistencia, tracción, elongación y produciendo algún tipo de cambio de tono. En el mismo contexto Vallejos (2019) en su tesis de grado menciona que:

Existen problemas de manchas, deterioro y contaminación por hongos en los tejidos, por estas razones, se ha realizado un acabado semipermanente como resultado de varias muestras utilizando la fórmula de un tipo de suavizado con nano emulsión de silicona y ácido cítrico, al cual se le añade Benzoato de sodio en diferentes concentraciones. (pp.7)

Por tal motivo: “El amarillamiento de los materiales textiles es una indicación de degradación” (Cotton, 2002); presentándose en tejidos de tonos claros o sin tintura, es decir, sustratos blancos.

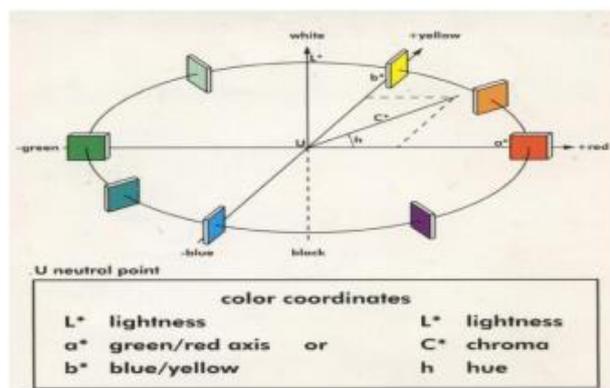
### 2.1.9 Coordenadas Cielab

Para expresar en forma numérica el color de un objeto la Commission Internationale de l'Éclairage (CIE) ha precisado los espacios de color tales como: CIE XYZ, CIE L\*a\*b\* y L\* a\* b\*; En el cual (L\*a\* y b\*) fueron creadas en base a la teoría de color antagonista donde

se menciona o dicta que “dos colores no pueden ser rojo y verde al mismo tiempo o amarillo y azul al mismo tiempo” (Minolta, 2020, pp. 1). En tal sentido, se puede afirmar que las coordenadas Cielab, están representadas en un plano lineal o cartesiano como se muestra en la Figura 5; “es el método de identificación tridimensional de un color utilizando la teoría de los tres pares antagónicos de la visión de los colores: blanco-negro ( $L^*$ ), rojo-verde ( $a^*$ ) y amarillo-azul ( $b^*$ ) ” (S. Peñafiel, 2011); Las cuales pueden ser medidas por un instrumento llamado espectrofotómetro de color o colorímetro.

### Figura 5

Coordenadas Cielab



Fuente: (S. Peñafiel, 2011)

## 2.2 Marco Legal.

### 2.2.1 Constitución de la República del Ecuador.

Al tener un acabado químico de C.A. en un sustrato textil o probetas por medio de impregnación en Foulard se hará uso de un recurso natural importante que es el agua; cabe mencionar que la parte práctica de la tesis está dentro de las normas y en base a la Constitución de la República del Ecuador; ya que, el C.A. “Además del hecho de no ser tóxico, lo convierte en un excelente reactivo para ser utilizado en la investigación” (Muñoz Villa et al., 2014); por otro lado, las siliconas no son tóxicas por ser compuestos inertes; es decir “no exhiben actividad microbiana”(Chugá, 2011, p. 10); siendo amigables con el medio ambiente; por lo tanto, se sustenta lo siguiente por medio de los presentes artículos:

**Art. 83.-Son deberes y responsabilidades de las ecuatorianas y los ecuatorianos, sin perjuicio de otros previstos en la Constitución y la ley:**

3. Defender la integridad territorial del Ecuador y sus recursos naturales.
6. Respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible.

**Art. 395.-La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:**

1. 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 asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras (Asamblea Nacional, 2008 pp. 188-41).

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

El presente trabajo de titulación está enfocado en la siguiente línea de investigación:

- Producción industrial y tecnología sostenible (Lineas de Investigacion UTN, 2013).

### **2.2.3 Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores, Decreto Ejecutivo 2393.**

Por ser un acabado químico con influencia en la Radiación Ultravioleta el trabajo de grado tiene base en el Decreto Ejecutivo 2393, haciendo mención en el siguiente artículo:

**Art. 61.- RADIACIONES ULTRAVIOLETAS.**

2. **Apantallamiento de la fuente de radiación.** En las operaciones en que se produzcan emisiones de radiación ultravioleta se tomarán las precauciones necesarias para evitar su difusión, mediante la colocación de pantallas absorbentes o reflectantes, entre la fuente de emisión y/o los puestos de trabajo. La superficie de la fuente emisora de radiaciones ultravioleta se limitará al mínimo indispensable.

**4. Protección personal.** Se dotará a los trabajadores expuestos a radiaciones ultravioletas de gafas o pantallas protectoras con cristales absorbentes de radiaciones, y de guantes y cremas aislantes para proteger las partes que quedan al descubierto. (Presidencia de la Republica, 1986 p. 33)

## **2.3 Marco Conceptual.**

### **2.3.1 Acabado Químico.**

El acabado químico aplicado sobre el tejido de algodón Jersey 100%, puede ser un acabado semipermanente, debido que J. Peñafiel (2018) menciona lo siguiente:

Aquí se emplean productos a base de dispersiones de polímeros con una fuerte tendencia a la formación de películas sobre la superficie del tejido y que no originan reacciones químicas con el sustrato de fibra; es decir, que no se cambia de índice de hinchamiento de la fibra de celulosa. Durante los tratamientos de lavado la fibra se hincha y revienta el fuerte anillo formado por la película, por lo menos parcialmente, la película formada se hace mecánicamente menos resistente y se disuelve, en mayor a menor grado, después de varios lavados (3 – 5). (pp.6)

Basado en el mismo contexto; un acabado químico, utilizando algún tipo de polímero otorgaría al tejido un acabado semipermanente ya que, a medida del uso y lavado se van perdiendo las propiedades químicas con las cuales fue otorgado en el proceso de ennoblecimiento.

### **2.3.2 Ácido Cítrico.**

Tiene un pH entre 3-6, siendo este un factor importante para una buen mestura de los productos químicos empleados para procesos de impregnación en sustratos textiles. En el empleo de lavados domésticos es de conocimiento el uso o empleo de A.C. en proporciones o cantidades no mayores a los 15 gamos por cada litro de agua; sin embargo “a concentraciones

superiores al 5% el ácido cítrico suele ser peligroso”(Antonio, 2018 p. 87). Es importante mencionar que un gramo de A.C. se disuelve en 0.5 cm<sup>3</sup> de agua, en 2 cm<sup>3</sup> de alcohol y 30 cm<sup>3</sup> de éter; además de ser inodoro y tener un sabor ácido es deliquescente en ambientes húmedos (Quiminsa, 2019).

### **2.3.3 Micro emulsión de silicona**

Por lo general las siliconas tiene un tamaño de partícula que puede variar entre los 100 y 300 nm; por otra parte, el micro látex de poliacrilamida o micro emulsión de silicona tienen un tamaño de partícula inferior a los 100 nm, al ser estos de aspecto líquido y transparente (Chugá, 2011). A su vez contando con un pH entre 5-6 en la escala de acidez del potencial de hidrógeno; como ya se había mencionado, la micro emulsión de silicona es un elemento inerte en el cual no pueden proliferar las bacterias o microorganismos; además Chugá (2011) afirma que:

Las siliconas son polímeros increíblemente estables. Son altamente resistentes a los efectos perjudiciales del paso del tiempo, la luz solar, la humedad y la exposición a sustancias químicas. Las siliconas mantienen sus propiedades de rendimiento al ser expuestas a cambios extremos en su ambiente. (pp.7)

Cabe resaltar que “Mientras las emulsiones presentan partículas de diámetros de hasta 0.10 mm y aspecto blanco lechoso, las micro emulsiones presentan diámetros inferiores a 0.01 mm y de aspecto translúcido” (Chugá, 2011 pp. 6).

Ipiates (2022) también afirma; la micro emulsión de silicona en cantidades de 7 gramos litro es un buen elemento al momento de usarlo como vehículo para la impregnación de un acabado físico mencionando que:

En cuanto al proceso por el cual se incorporó el nácar al sustrato textil se determinó que, es mejor aplicarlo mediante foulardado; ya que, la estabilidad

de la micro emulsión de silicona aumenta, evitando manchas, precipitaciones o cualquier otro tipo de inconvenientes en el proceso de acabado. (pp. 58)

Dando como resultado, un buen acabado textil evitando factores perjudiciales en el proceso y al tejido en sí.

#### **2.3.4 Ligamento Jersey de algodón.**

Generalmente este tipo de ligamentos son usados para confeccionar: ropa de baño, íntima y deportiva; usando algunas mezclas de hilos (fibras) tal como PES/CO 65/35 o CO/PES 65/35 entre otros. Por otro lado, el tejido jersey 100% de algodón es un sustrato con una característica especial, ya que, uno de sus lados es liso mientras que la otra cara del tejido forma diminutos orificios, siendo este tipo un ligamento idóneo para prendas que se ajusten al cuerpo (Paesano, 2014).

Cabe mencionar, que al ser un tejido de algodón es más proclive al daño y deterioro de la fibra causando manchas (amarillamientos) dando un aspecto de envejecimiento sin desestimar al tipo de ligamento por factores provocados como:

Destrucción, descomposición, cambios internos de la estructura de la fibra, cambio en la estructura de la fibra debido a la degradación química o biológica, exposición al calor excesivo, o una sobre exposición a la radiación de la luz y/o el envejecimiento de la fibra. (Cotton, 2002 pp. 1-2)

#### **2.3.5 Impregnación, Foulard.**

El Foulard, es un equipo donde se realiza el proceso de impregnación, además que cuenta con cilindros de presión, cilindros guías y una cuba o tina de baño, la parte análoga, electrónica y mecánica de este, va a depender de la marca y tipo de equipo; el éxito de una buena impregnación sobre un tejido es la velocidad y presión a la que estén configurada los rodillos de los cuales esta provisto la máquina. Existen factores importantes al momento de realizar la impregnación por foulard puesto que, la cantidad de colorante/solución de acabado

en el material textil dependerá de: la absorción de la materia, cantidad de baño de acabado o tintura impregnada en el sustrato textil y la cantidad de colorante/solución de acabado en el baño de impregnación (Cabanes Sole, 2013).

Cabe destacar que la presión de los rodillos y la velocidad a la cual giran serán un factor importante; debido que, de esto dependerá la cantidad de acabado impregnando en el sustrato textil, por lo cual se debe mantener una presión entre 3 a 4 psi, una velocidad de giro entre los 20 a 30 m/min, lo cual puede dar como resultado un pick up óptimo de  $85\% \pm 5$  (Vallejos, 2019). El porcentaje acabado (pick up) retenido en el tejido después de pasar por los rodillos exprimidores se puede calcular con la siguiente ecuación.

$$\text{Pick Up (PU)} = \frac{\text{Peso húmedo (PH)} - \text{Peso seco (PS)}}{\text{Peso seco (PS)}} * 100 \quad (1)$$

### 2.3.6 Exposición solar.

El tiempo es un factor importante; ya que, para que pueda existir algún cambio físico debe pasar un periodo entre las 120 y 480 horas de exposición; a su vez, Luna (2018) menciona que:

Se sabe que los materiales constituidos por celulosa se dañan por exposición prolongada a la luz. Las consecuencias visibles son cierto grado de decoloración junto con pérdida de resistencia. Se deben considerar 2 tipos de mecanismos: en el primero, la energía luminosa es el principal factor responsable de la degradación, pero en el segundo, los tipos de impurezas y la presencia de humedad y oxígeno contribuye al ataque. (pp. 6)

Dando a entender que otros factores pueden afectar al tejido como contaminantes atmosféricos presentes en el aire o lugar donde se realicen las pruebas o ensayos.

### 2.3.7 Radiación y longitud de onda.

Como se menciona en estudios previos, la radiación UV está comprendida o subdividida por tres tipos de radiaciones como se muestra en la Tabla 1; siendo la más nociva la UVA dado que, las personas que están expuestas a un tiempo prologando pueden presentar quemaduras en la capa superficial de la piel e interna; es decir, la epidermis y dermis, provocando lesiones (Garnacho et al., 2020). Por otro parte, existe otro tipo de estudio donde se menciona que “la fibra de algodón sólo es ligeramente atacada por la luz solar, puesto que la celulosa carece de la mayor parte de los grupos que absorben la radiación ultravioleta entre 300 y 400 nm” (Algaba and M, 2008 pp. 43).

En tal caso, esta energía radiante, puede ser medida con la ayuda de un foto radiómetro ya que, es empleado en la medición de la luz fuera del espectro de lo visible (Instruments, 2017); en el mismo contexto, la radiación es medida en unidades de  $W/m^2$ .

**Tabla 1**

*Longitud de onda*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
UVA	315-400	nm
UVB	280-315	nm
UVC	100-280	nm

**Fuente:** (Garnacho et al., 2020)

Para entender el tipo de medición se tiene que tener en claro que, “La irradiancia es la magnitud utilizada para describir la potencia incidente por unidad de superficie de todo tipo de radiación electromagnética”(Lira Oliver and Guevara Mon, 2018, p. 4); la cual es la suma o promedio general de la energía que influye por unidad de área y tiempo sobre cualquier tipo de superficie medidas en unidades radiométricas y en  $W/m^2$  (Lira Oliver & Guevara Mon, 2018).

### 2.3.8 Degradación, amarillamiento de tejido de algodón.

Existen diferentes causas de amarillamientos sobre los sustratos textiles, tanto en fibras naturales como sintéticas; por ende, “debe también anotarse que, en casos de telas hechas con mezclas, a veces solo una de las fibras en la mezcla puede ser afectada por el amarillamiento. Sin embargo, otras veces todas las fibras de una mezcla son afectadas”(Cotton, 2002), como se observa en la Figura 6. A su vez, en su Boletín Técnico Cotton (2002) menciona que:

Este amarillamiento de las telas se acelera normalmente debido al calor excesivo especialmente en presencia de alta humedad, gran exposición a la luz ultravioleta o almacenamiento por largos períodos que pueden causar el envejecimiento de las fibras. M. Yatagai de la Universidad Femenina Gakuex de Tokio reportó, que hay amarillamiento en una tela de algodón envejecida, una pérdida de resistencia a la rotura, disminución de la absorción de la humedad y disminución de la retención del colorante (pp. 3).

#### Figura 6

*Amarillamiento en mezcla de tejidos poli algodón.*



**Fuente:** (Lavanderia, 2023)

### 2.3.9 Coordenadas CIE L.A.B.

La principal razón o motivo de conocer el espacio de coordenadas Cielab Figura 7, es la diferenciación de los colores que pueden parecer similares al ojo humano el cual no

consigue reconocer el grado de luminosidad, croma o matiz que pueden llegar a tener los objetos (muestras/probetas), por tal sentido Minolta (2020) no menciona que :

La diferencia de color es definida como la comparación numérica de una muestra con el estándar. Indica las diferencias en coordenadas absolutas de color y se la conoce como Delta ( $\Delta$ ). Deltas por  $L^*$  ( $\Delta L^*$ ),  $a^*$  ( $\Delta a^*$ ) y  $b^*$  ( $\Delta b^*$ ) pueden ser positivas (+) o negativas (-). La diferencia total, Delta E ( $\Delta E^*$ ), sin embargo, siempre es positiva. (pp. 1)

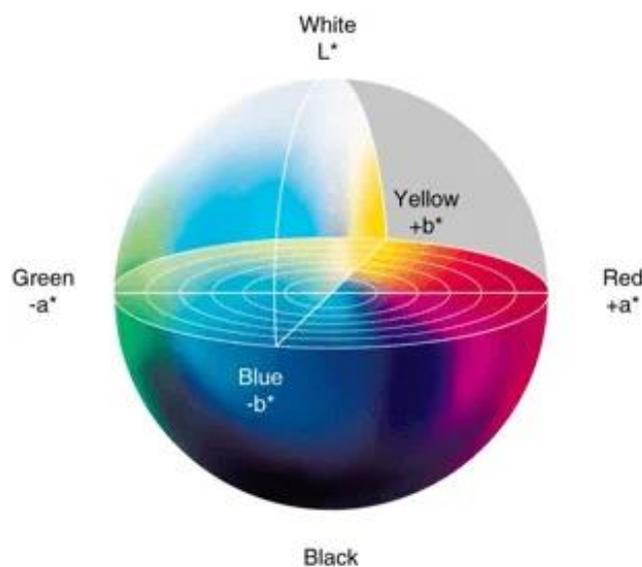
Por tal motivo, este contraste o diferencia se puede precisar con la ayuda del Delta E ( $\Delta E_{cmc}$ ),

Figura 8; siendo la raíz cuadrada de los deltas de cada coordenada correspondiente, representada por la fórmula de diferencia de color siguiente.

$$\Delta E = \sqrt{[(\Delta L^2) + (\Delta a^2) + (\Delta b^2)]} \quad (2)$$

### Figura 7

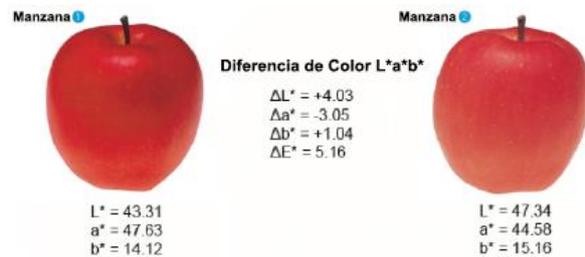
*Gráfica del Color Tridimensional*



**Fuente:** (Minolta, 2020)

## Figura 8

### Diferencia del color de manzanas



**Fuente:** (Minolta, 2020)

Por otra parte, se puede decir que el espacio Cielab esta dividido en 2 tipos de coordenadas colorimétricas; para ser más específicos Peñafiel (2011) menciona que:

Las coordenadas rectangulares ( $a^*$ ,  $b^*$ ,  $L^*$ ) del espacio Cielab pueden transformarse en coordenadas polares ( $C^*$ ,  $h_{ab}$ ,  $L^*$ ), en donde  $C^*$  es la medida de pureza o saturación de colorante,  $h$  es el ángulo de matiz o tonalidad de color y  $L^*$  es la claridad. La diferencia entre un color y otro se puede determinar por la diferencia entre los valores de las coordenadas ( $a^*$ ,  $b^*$ ,  $L^*$ ) o ( $C^*$ ,  $h$ ,  $L^*$ ) entre

una y otra muestra; esto es, el ( $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $\Delta L^*$ ) o el ( $\Delta C^*$ ,  $\Delta h$ ,  $\Delta L^*$ ). (pp. 4)

Es decir que, “se define entonces un espacio con las coordenadas rectangulares ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) junto con otro en las coordenadas cilíndricas ( $L^*$ ,  $H^*$ ,  $C^*$ ), resultando un sistema tridimensional esférico” (Mathias-Rettig & Ah-Hen, 2014, p. 63); sin embargo, la tolerancia de la gama de color son establecidas por cada componente ( $\Delta a$ ), ( $\Delta b$ ), ( $\Delta L$ ) los cuales permiten identificar si es aceptable el  $\Delta E_{cmc}$  siendo próximos a cero. (Minolta, 2020)

### 2.3.10 Índice de blancura Berger (W.I)

El índice de blancura, también abreviado como (W.I.), por sus siglas en ingles Whiteness Index; es una herramienta que permite cuantificar el nivel de blanco de una

superficie o material; por lo tanto, para obtener un resultado como tal, es medido a través de coordenadas de color considerando la reflexión de luz blanca mediante un espectrofotómetro; en las superficies, la blancura tiene diferentes tonalidades de manera que, un nivel bajo se percibe grisáceo o cremoso, mientras que un nivel alto se percibe en tonos azulados; además, también se puede representar en una escala del 1% al 100%. (Laboratorios Eyco, 2022)

Se debe agregar que, el índice de blancura es un factor importante en diferentes industrias como: la textil, la de papel, la de productos químicos y la industria de alimentos donde un parámetro significativo de calidad es garantizar que los productos cumplan con los estándares de blancura deseados por el consumidor y proveedor.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipos de investigación a aplicar.

##### 3.1.1 Investigación exploratoria

Morales (2015) señala que “La investigación exploratoria consiste en proveer una referencia general de la temática a menudo desconocida, presente en la investigación a realizar” (pp. 9); por tal motivo, esta investigación inició de la conjetura donde el C.A sirve como un agente blanqueador y desinfectante, por lo tanto, partiendo de ese punto se espera que actúe como protector en el tejido Jersey de algodón ante la radiación solar, evitando la degradación de este.

##### 3.1.2 Investigación experimental.

En este trabajo de titulación se aplicará este tipo de investigación, debido a que la conjetura planteada será sometida a una rigurosa prueba empírica mediante el uso de equipos y metodologías de laboratorio, consiguiendo comprobar la veracidad o falsedad de la hipótesis planteada mediante un desarrollo experimental.

De acuerdo con Ruiz (2010) donde menciona que :

La investigación experimental se presenta mediante la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular. Su diferencia con los otros tipos de investigación es que el objetivo de estudio y su tratamiento dependen completamente del investigador, de las decisiones que tome para manejar su experimento. (pp. 1)

### **3.1.3 Investigación comparativa.**

Es un mecanismo o método cuantitativo y cualitativo de carácter comparativo, por el cual se pretende comparar muestras con el acabado y sin el acabado para determinar si esta aplicación textil tiene las propiedades de evitar el amarillamiento frente a la exposición prolongada a la radiación ultravioleta.

En tal sentido Nohlen (2006) menciona que:

El método comparativo; en sentido estricto, trata de investigar las relaciones causales e intenta aislar factores que puedan considerarse causa (variables independientes) de un efecto (variables dependientes), en lo que se conoce como causalidad y que constituye para las ciencias sociales el sustituto del experimento. Fundamentalmente, puede distinguirse entre una manera de empleo cualitativa y otra cuantitativa. (pp.44)

Por ende y bajo el mismo contexto, se analizarán y compararán las probetas en el espectrofotómetro de color X-Rite bajo la norma ISO 105 A06; con lo cual obtendremos la información requerida para su análisis y comparación.

### **3.1.4 Investigación explicativa.**

Parte importante de una investigación es la causa u objetivo por el cual se investiga un problema, mediante comprobaciones de una o varias hipótesis para encontrar una solución, usando recursos, como los sistemas o métodos analíticos y sintéticos en relación con los métodos deductivos e inductivos, con los cuales se puede dar un mejor desarrollo de la parte experimental como no experimental del proyecto (Narváez, 2014).

Por otro parte, García (2019) nos cita que las investigaciones explicativas:

Se centran en determinar los orígenes o las causas de un determinado conjunto de fenómenos, donde el objetivo es conocer por que suceden ciertos hechos a

través de la delimitación de las relaciones causales existentes o, al menos, de las condiciones en que ellas producen.

Este es el tipo de investigación que más profundiza nuestro conocimiento de la realidad, porque nos explica la razón, el porqué de las cosas, y es por lo tanto más complejo y delicado pues el riesgo de cometer errores aumenta considerablemente. (pp. 20 - 21)

De modo que, la investigación está formada en base científica, donde se obtendrán resultados, los cuales pueden ser expresados de manera cualitativa o cuantitativa para su mejor entendimiento y comprensión.

## **3.2 Normas**

### **3.2.1 Medición instrumental de la profundidad del color ISO 105 A 06.**

Este tipo de método o prueba está destinado a todos los textiles en los cuales se puede determinar la profundidad de color o variación de tono; a su vez, la comparación de este con otro textil de similar aspecto visual mediante un espectrofotómetro o colorímetro, donde se miden las coordenadas de color que son:  $L^*$  (luminosidad),  $+a^*$ (rojo),  $-a^*$ (verde),  $+b^*$ (amarillo),  $-b^*$ (azul),  $C^*$ (croma) y  $h_{ab}^*$  (matiz) (ISO 604, 2003); con lo cual, se caracterizan las coordenadas colorimétricas de cada espécimen analizado.

### **3.2.2 Procedimientos de lavado y secado domésticos para ensayos textiles ISO 6330:2012.**

Método o procedimiento que se emplea en ensayos de calidad sobre los productos textiles donde se miden comportamientos físicos como: “aparición de suavidad, cambio dimensional, eliminación de arrugas, resistencia y repelencia al agua, solidez del color al lavado doméstico” (ISO 6330, 2012, pp. 8); por tal motivo : “ Los procedimientos son aplicables a los tejidos, prendas u otros artículos textiles confeccionados que estén sometidos a combinaciones apropiadas de procedimientos de lavado y secado doméstico. Esta norma

internacional también especifica los detergentes y contrapesos de referencia para los procedimientos específicos de cada uno de los materiales que se vayan a someter a esta prueba” (ISO 6330, 2012, pp. 8).

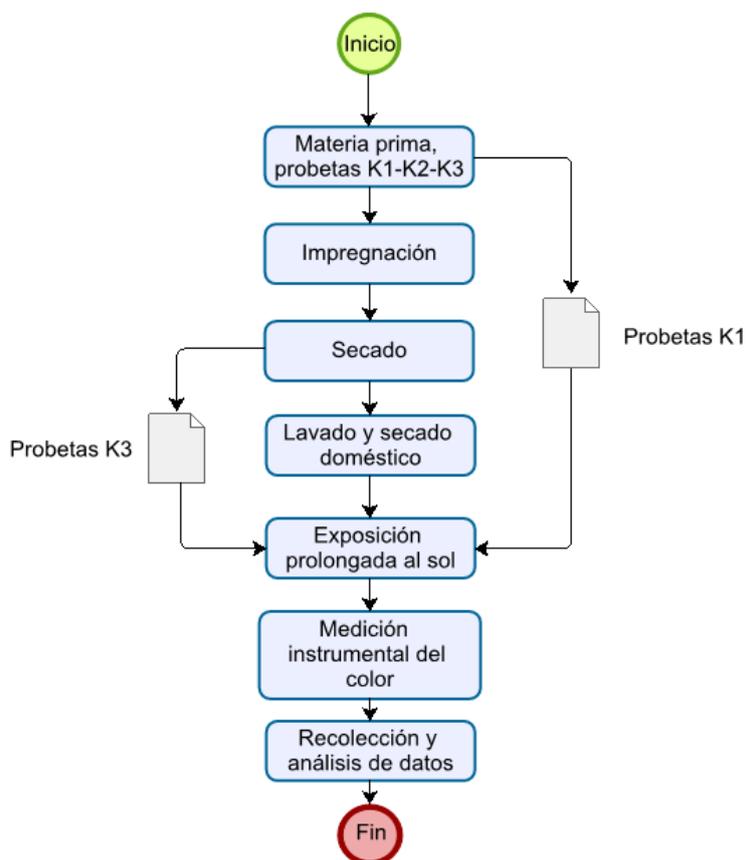
### 3.3 Flujoigramas.

#### 3.3.1 Flujoograma general.

El flujoograma general determina los procesos que intervienen en la realización de la parte experimental del trabajo de investigación, el cual se muestra a continuación:

**Figura 9**

*Flujoograma General*



**Fuente:** Propia

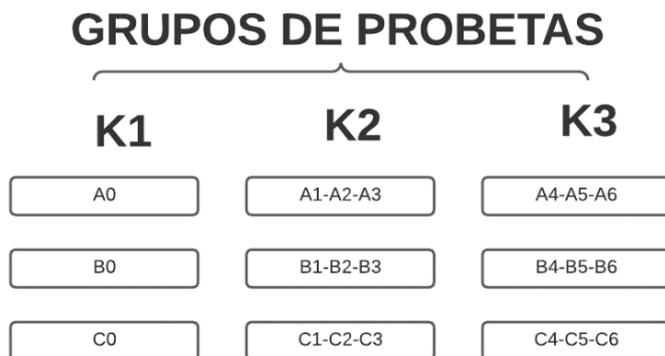
#### 3.3.2 Flujoograma muestral.

A diferencia del flujoograma general; Figura 9, aquí se detalla paso por paso, por el cual será sometido cada una de las probetas organizadas en los grupos con acabados y sin

acabados como se observa en la Figura 11 y a su vez, subdivido en tres grupos (K1, K2, K3) como se muestra en la Figura 10; cabe destacar que, cada probeta esta señalizada con un carácter alfanumérico para una mayor identificación de los mismo en procesos posteriores.

### Figura 10

*Grupos, Probetas de Algodón*



**Fuente:** Propia

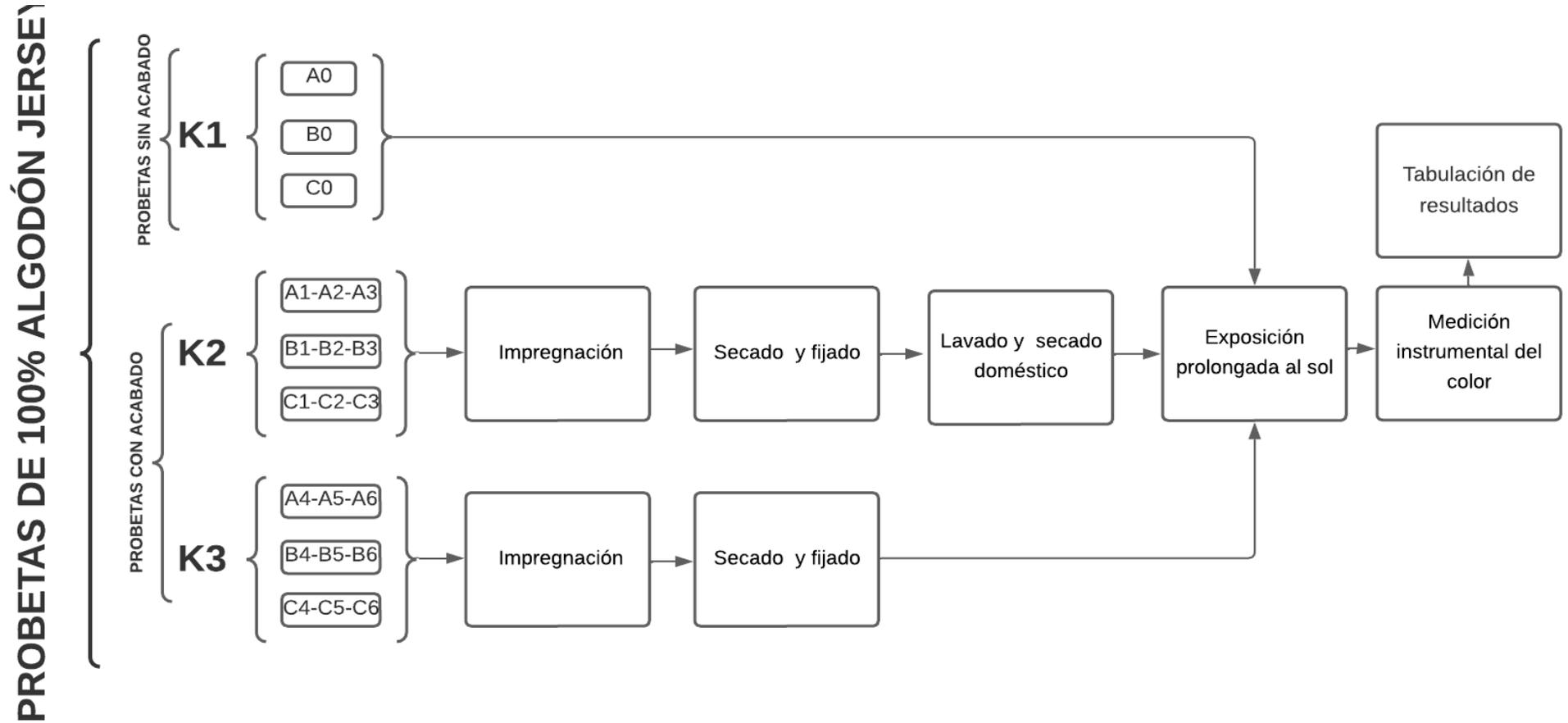
Los grupos de probetas de algodón están marcadas con una letra mayúscula(A/B/C) seguidas de un número de 0 a 6, teniendo tres grupos de análisis, con un total de 21 probetas respectivamente como se muestra en la Figura 12.

El grupo K1, son aquellas probetas que no tienen ningún tipo de acabado, siendo simplemente expuestas al sol, dado que servirán como referencia en la medición instrumental del color y la toma final de datos.

Los grupos K2 y K3, son aquellas probetas que están impregnadas con el acabado textil en diferentes grados de concentración, las cuales pasarán por dos o varios procesos hasta su ejecución final que es la toma de datos, como es el caso de las probetas K2; estas, tendrán el proceso completo, pasando por todos los pasos desde su inicio hasta el final; caso contrario, las probetas K3 son aquellas que se saltaran el proceso de lavado y secado doméstico; ya que, servirán como referencia en la medición instrumental del color y la toma final de datos.

Figura 11

Flujograma muestral



Fuente:

Propia

**Figura 12**

*Segmentación alfanumérica de probetas del algodón*



**Fuente:** Propia

### **3.4 Equipos y materiales.**

Los equipos y materiales químicos de laboratorio textil son necesarios e importantes al momento de ejecutar las pruebas iniciales, preliminares y finales de un ensayo experimental con el fin de, una buena realización en la parte práctica del trabajo de titulación.

Así mismo, todos los equipos a usar deberán estar limpios para evitar contaminación por químicos y estar calibrados correctamente para que no existan datos erróneos, obteniendo que los resultados sean lo más exactos y veraces posibles; a su vez, cabe destacar que los equipos que se lleguen a usar deben estar normados bajo una especificación técnica en el caso de realizarse ensayos especiales; en la Tabla 2, se encuentran todos instrumentos, equipos e insumos utilizados para el desarrollo de la parte práctica.

**Tabla 2***Instrumentos, insumos y máquinas de laboratorio.*

<b>Nombre</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>
Vidrio reloj	2	Vidriería
Vasos de precipitación	2	Vidriería
Agitador	2	Vidriería
Ácido cítrico	1	Químico
Micro emulsión de silicona	1	Auxiliar
Probetas	15	Algodón 100%
Balanza analítica	1	Modelo BPS 40
Cortador circular	1	Ø 100 cm <sup>2</sup>
Foulard	1	Modelo HFR
Equipo de lavado (Wascator)	1	Modelo W3 W365H21
Espectrofotómetro	1	X – rite
Foto Radiómetro	1	Modelo Delta OHM
Túnel de secado	1	N/A
Caja de cristal	1	Equipo de laboratorio

**Fuente:** Propia.**3.4.1 Equipo de laboratorio por impregnación, Foulard.**

Foulard HFR, es una máquina textil diseñada para realizar pruebas/ensayos por impregnación y teñidos en tejidos de punto/plano; dispone de un motor de corriente alterna, el cual es accionado mediante un pedal de seguridad, siempre y cuando los rodillos de presión se encuentren en posición de inicio; además en su estructura posee una ducha de lavado para limpiar la maquina después de cada proceso que se realice en ella, cabe recalcar que este equipo está destinado únicamente para realizar metrajés cortos de tela, debido sus dimensiones físicas en la Tabla 3 se detallan sus características técnicas.

**Tabla 3***Foulard, modelo HFR*

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			
Descripción	Cantidad	Unidades	Imagen
Potencia de motor	0,2	kW	
Presión de aire	90	psi	
Ancho de rodillos	350-500	mm	
Ancho útil de rodillos	300-450	mm	
Ø de rolos	110	mm	
Velocidad	0,2-0,8	m/min	
Contenido de baño entre rodillos	280	ml	
Contenido de baño en la tina	1200	ml	

**Fuente:** (*Manual de Instrucciones Foulard Horizontal de Laboratorio, 2022*)**3.4.2 Equipo de laboratorio para lavado doméstico, Wascator.**

El equipo de lavado doméstico Wascator FOM71 CLS, está diseñado para realizar ensayos y análisis a sustratos textiles, tal como telas o prendas de vestir, es principalmente empleado para efectuar pruebas de durabilidad sobre los tejidos, donde se evaluarán parámetros de calidad simulando lavados industriales y domésticos; en la Tabla 4 se detallan sus características técnicas.

**Tabla 4***Wascator, modelo FOM71 CLS*

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			
Descripción	Cantidad	Unidades	Imagen
Presión de agua	240 ± 50	kPa	
Entrada de agua fría máx.	60 ± 2	°C	
Velocidad de lavado	20-59 ± 1	rpm	
Centrifugado	200-1100 ± 20	Rpm	
Capacidad de carga	5	Kg	

**Fuente:** (Cls, 2015)

### 3.4.3 Espectrofotómetro de color

También llamado colorímetro; el espectrofotómetro X-rite i5, es un instrumento textil usado principalmente en los laboratorios de calidad para determinar y precisar las coordenadas colorimétricas de una muestra/probeta textil mediante la reflectancia o transmitancia generada por la “luz” de la maquina en diferentes longitudes de onda; en la Tabla 5 se detallan sus características técnicas.

**Tabla 5**

*Espectrofotómetro, modelo X-RITE*

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			
Descripción	Cantidad	Unidades	Imagen
Rango espectral.	360-750	nm	
Intervalo de longitud	10	nm	
Resolución fotométrica “Reflectancia”	0,1	%	
Iluminación Xenón pulsada, D65	-----	-----	
Tiempo de medición	≤ 2.5	s	

**Fuente:** (X-Rite, 2013)

### 3.4.4 Foto Radiómetro.

Instrumento que sirve para medir la cantidad o intensidad de luz y radiaciones electromagnéticas producidas por el sol y fuentes artificiales en diferentes unidades de medida tal como vatios metros cuadrado  $W/m^2$ , Joules metros cuadrado  $J/m^2$  siendo estas las principales, además también puede medir en lux y lumen, en la Tabla 6 se detallan sus características técnicas.

**Tabla 6***Foto Radiómetro, modelo Delta OHM*

<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Imagen</b>
Entrada 1/ Entrada “Sensor Pt 100/ Termopar tipo (K/J/T/E/N)” Salida – RS232 C /USB Grado de protección – IP 67 Software – DeltaLog 9 Entrada – USB CP 23	

**Fuente:** (Henry, 2016)**3.4.5 Túnel de secado.**

El horno o túnel de secado es una maquinaria textil utilizada principalmente en el área de tintorería para fijar y secar, colorantes y acabados textiles a las telas, donde se puede otorgar una mejora tanto en aspecto como en la estructura de los ligamentos; esta máquina, está constituida por una entrada, salida, malla transportadora, un ventilador interno y, una salida de aire y vapores en la parte superior de su estructura, en la Tabla 7 se detallan sus características técnicas.

**Tabla 7***Túnel de secado Textil*

<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>			<b>Imagen</b>
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>	
Velocidad máx.	61±5	m/min	
Velocidad mín.	5±3	m/min	
Temperatura máx.	345±5	°C	
Temperatura mín.	5±2	°C	

**Fuente:** Propia

### 3.4.6 Caja de cristal.

Estructura constituida por 5 lados fijos y 1 móvil con un volumen 57,61 cm<sup>3</sup> como se muestra en la Figura 13. Su principal función es evitar que factores externos ingresen y contaminen las probetas de Jersey algodón 100%.

#### Figura 13

*Caja de cristal*



**Fuente:** Propia

### 3.4.7 Muestras de tejido Jersey Blanqueado 100% algodón.

Este tipo de sustrato textil es elaborado en máquinas de tejido de punto; este tejido puede tener diferentes tipos de composición. Además, para que este tejido de algodón Jersey 100% sea blanco como se muestra en la Figura 14, debe pasar por procesos como: descrude, blanqueado químico u óptico; en algunas ocasiones se puede otorgar un proceso de acabado, confiriéndole al tejido textura y suavidad al tacto.

#### Figura 14

*Tejido Jersey*



**Fuente:** Propia

### 3.4.8 Ácido cítrico.

Es un compuesto orgánico tricarbónico en forma de polvo cristalino, posee un amplio rango de usos dentro de las industrias de: alimentos, medicinas, electrónicas y textiles; sin prescindir que es un químico versátil que, a su vez, puede ser usado como blanqueador, desinfectante y desincrustante doméstico, en la Tabla 8 se detallan algunas características.

**Tabla 8**

*Ácido cítrico*

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				Imagen
Descripción	Cantidad	Unidades		
Punto de fusión	153	°C		
Punto de ebullición	>170	°C		
pH	3 - 6	----		
Masa molar	192,1	g/mol		

**Fuente:** Propia

### 3.4.9 Micro emulsión de silicona.

La micro emulsión de silicona (Figura 15), diluida tiene buena estabilidad química en el agua, siendo esta adecuada para todo tipo de sustrato textil, además de ser compatible con productos catiónicos, aniónicos y no aniónicos (ver **Anexo 2** y **Anexo 3** ); por otra parte, es estable a ácidos y álcalis diluidos ya que posee un pH menor o igual a 6,5; es recomendable que este producto químico se mantenga a una temperatura menor a los 35°C.

**Figura 15**

*Micro emulsión de Silicona*



**Fuente:** Propia

### 3.5 Procedimiento.

Antes de realizar cualquier medición experimental se debe tener en cuenta la calibración de equipos, el uso correcto de los mismos y que las condiciones ambientales del entorno donde se realice el procedimiento estén dentro de los rangos permitidos de humedad relativa y temperatura como lo especifica la norma ISO 139

#### a) Caracterización del tejido para procedimiento experimental.

El primer paso para realizar la parte práctica será la caracterización del tejido para lo cual se emplearon las normas siguientes donde se obtuvieron los resultados que se observan en la siguiente tabla.

**Tabla 9**

*Caracterización del Tejido*

<b>Detalle</b>	<b>Resultado</b>	<b>Norma Técnica</b>
Tejido de tejido	Jersey	ISO 7211-1
Gramaje	201 g/m <sup>2</sup>	ISO 3801
Grados Berger ( <b>Anexo 4</b> )	177,31	ISO 105 A06
Coordenadas Cielab	L:93,81/a:3,22/b: -18,11	ISO 105 A06
Composición	Algodón 100%	AATCC 20A

**Fuente:** Propia

Una vez realizada la caracterización del tejido, se procede con el corte y pesaje de las probetas que serán empleadas en la parte experimental del proyecto; por lo tanto, se llevó a cabo el siguiente proceso:

#### b) Corte de probetas para procedimiento experimental

- 1) Extender el sustrato textil previamente acondicionado sobre la mesa de corte.
- 2) Identificar los bordes del tejido; dado que, al momento de trazar las dimensiones de corte estas no se las realicen sobre los mismos tomando el borde como partida o referencia; es preferible marcar las directrices a una distancia de  $15 \pm 5$  cm.

- 3) Con una regla y lápiz marcar sobre el tejido las dimensiones para cortar las probetas; estas deben tener un tamaño considerable, como referencia las magnitudes a trazar sobre el sustrato serán de:  $15 \pm 2$  cm de ancho y  $50 \pm 2$  cm de largo, ya que, en procesos posteriores cada probeta será segmentada y agrupada en su respectivo orden como se observa en la Figura 16
- 4) Realizar los cortes pertinentes para obtener las probetas y reservar para el siguiente procedimiento.

Concluido el corte de probetas se procede con el pesaje de estas; dado que, a partir del peso de las probetas se realizarán las respectivas dosificaciones para las recetas de acabado textil que se emplearán para el proceso de foulardado.

**c) Procedimiento para pesaje de las probetas.**

- 1) Verificar que el “platillo de medición” se encuentre limpio de impurezas.
- 2) Activar la balanza analítica.
- 3) Calibrar encerando la máquina.
- 4) Elegir la unidad de medida que para este caso será en gramos.
- 5) Pesar cada probeta.
- 6) Registrar lo cuantificado de cada probeta.

Es importante; que, en cada toma de peso por probeta, estas se encuentren puestas adecuada mente dentro del platillo de medición sin que toquen las paredes de cristal para una buena obtención de resultados.

**d) Formulación de recetas**

Una vez obtenidos los pesos de cada probeta se procede con la formulación de las recetas, donde se consideró la dosificación del C.A. micro emulsión de silicona y volumen de agua (relación de baño: 1/10), en correlación con el peso de sustrato textil; sin embargo, se estimará que el pick up empleado debe estar en un porcentaje entre  $80 \pm 5$  %.

Por otra parte, la variable que se mantendrá fija será la micro emulsión de silicona al 20%; por lo cual, se formularon 3 diferentes tipos de recetas; además, la temperatura del agua destilada grado 3 va a ser constante para cada una de las mismas.

**Receta 1.-** Para la primera receta de acabado textil, se empleó la dosificación como se observa en la siguiente tabla.

**Tabla 10**

*Dosificación de químicos para la muestra 1 en las probetas K2 y K3*

Descripción	Cantidad	Unidades
Tejido algodón	25	g
Micro emulsión de silicona	20	%
Ácido Cítrico	10	g/L
Temperatura Agua	20	°C

**Fuente:** Propia

**Receta 2.-** Para la segunda receta de acabado textil se empleó la dosificación como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 11**

*Dosificación de químicos para la muestra 2 en las probetas K2 y K3*

Descripción	Cantidad	Unidades
Tejido algodón	24	g
Micro emulsión de silicona	20	%
Ácido Cítrico	23	g/L
Temperatura Agua	20	°C

**Fuente:** Propia

**Receta 3.-** Para la tercera receta de acabado textil, se empleó la dosificación como se observa en la siguiente tabla.

**Tabla 12**

*Dosificación de químicos para la muestra 3 en las probetas K2 y K3*

Descripción	Cantidad	Unidades
Tejido algodón	25	g
Micro emulsión de silicona	20	%
Ácido Cítrico	35	g/L
Temperatura Agua	20	°C

**Fuente:** Propia

### **3.6 Proceso operativo.**

Concluida la caracterización, corte, pesaje de probetas y formulación de las recetas, se procede como primer paso, la impregnación del tejido por medio del foulard horizontal para posteriormente fijar el acabado químico sobre el sustrato textil en el túnel de secado, por consiguiente, realizar un lavado y secado doméstico bajo la norma ISO 6330:2012 a una probeta y terminar con la medición instrumental del color empleado la norma ISO 105 A06.

#### **a) Proceso de impregnación.**

Es una técnica empleada en la industria textil para la aplicación uniforme de productos químicos como tinturas y auxiliares disueltos en un medio acuoso mediante rodillos de presión para obtener un pick up deseado el cual representa la cantidad de baño textil contenido en el tejido; de modo que, se procedió de la siguiente manera de forma general para cada una de las recetas formuladas.

- 1) Verificar que el foulard se encuentre debidamente conectado a las tomas de energía y presión de aire.
- 2) Verificar que la cuba de baño y rodillos de presión se encuentren previamente limpios para evitar contaminantes externos producidos por otras aplicaciones de impregnación.
- 3) Encender el foulard.
- 4) Calibrar la presión de aire.
- 5) Calibrar la velocidad de los rodillos exprimidores
- 6) Cargar la máquina con la solución acuosa de ácido cítrico, micro emulsión de silicona y material textil dentro de la cuba de baño
- 7) Iniciar proceso de impregnación.

Cabe resaltar que antes de cargar la máquina con los auxiliares químicos y tejido Jersey, el sustrato textil debe ser pesado con antelación; de esta forma, después del proceso de

impregnación pueda ser pesado y corroborar que el pick up (cantidad de baño contenido en las fibras del ligamento) este dentro de lo planificado.

Los resultados del proceso de impregnación de las recetas 1, 2 y 3 los podemos observar en la Tabla 13, Tabla 14 y Tabla 15.

**Tabla 13**

*Muestra 1, con una dosificación de 10 g/L de ácido cítrico y 20% S.M.E*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
Peso del Tejido	24,959	g
Volumen de agua	250	mL
Ácido cítrico	2,5	g
Micro emulsión de silicona	4,99	g
Presión de rodillos	2.2	psi
Velocidad de rodillos	1,10	m/min
Pick up	82,28	%

**Fuente:** Propia

**Tabla 14**

*Muestra 2, con una dosificación de 23 g/L de ácido cítrico y 20% S.M.E.*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
Peso del Tejido	24,859	g
Volumen de agua	248	mL
Ácido cítrico	5,7	g
Micro emulsión de silicona	4,97b	g
Presión de rodillos	2,2	psi
Velocidad de rodillos	1,10	m/min
Pick up	81,29	%

**Fuente:** Propia

**Tabla 15**

*Muestra 3, con una dosificación de 35 g/L de ácido cítrico y 20% S.M.E.*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
Peso del Tejido	25,143	g
Volumen de agua	251	mL
Ácido cítrico	9	g
Micro emulsión de silicona	5,19	g
Presión de rodillos	2,2	psi
Velocidad de rodillos	1,10	m/min
Pick up	84,39	%

**Fuente:** Propia

### b) Proceso de fijación

Esta es la etapa más importante del proceso; dado que, por medio de este se busca fijar los productos químicos sobre el tejido de algodón y queden adheridos correctamente. En este proceso, las probetas de algodón ingresaron al túnel de secado donde se tomó en cuenta la temperatura de la máquina, la velocidad y tiempo a la que giran los rodillos de la cinta transportadora como se muestra en la Tabla 16; por ende, para la realización del fijado se procedió de la siguiente forma.

- 1) Encender de la máquina.
- 2) Regular la temperatura y velocidad de la cinta transportadora a la que se desea trabajar con ayuda del panel de control.
- 3) Esperar a que alcance la temperatura seleccionada.
- 4) Colocar las probetas en la cinta transportadora.
- 5) Someter las probetas a la temperatura seleccionada.
- 6) Retirar e identificar las probetas.

Por el tamaño de la máquina, se tiene que ir colocando manualmente las probetas en la partida del túnel de secado una vez hayan tenido un recorrido de inicio a fin.

**Tabla 16**

*Parámetros de trabajo del túnel de secado*

Detalle	Cantidad	Unidades
Temperatura	105	°C
Velocidad de cinta transportadora	10	m/min
Tiempo	30	min

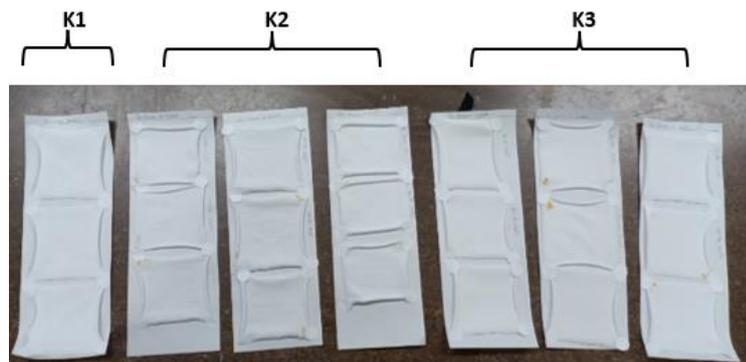
**Fuente:** Propia.

Terminado el proceso de fijado, las probetas deben permanecer un tiempo entre 10 a 15 minutos al aire libre para eliminar la humedad residual que estas puedan contener. En cuanto se encuentren secas por completo las probetas, se pasa a la segmentación de estas en pedazos de 5 x 5 para formar los grupos K2 y K3 como se muestra en la Figura 16; es

importante recordar que el grupo de probetas K1 no tuvieron ningún proceso de impregnación y fijado; de modo que, estas ingresaran directo a la cámara de cristal y posteriormente finalizado el proceso de exposición se elegirá una probeta de cada proceso para la comparación, medición instrumental de grados Berger y coordenadas Cielab.

**Figura 16**

*Segmentación de Probetas*



**Fuente:** Propia

### c) Proceso de lavado y secado doméstico

Bajo los criterios de la norma ISO 6330:2012, se procedió con el ensayo de lavado y secado doméstico el equipo de laboratorio Wascator. De manera que, únicamente el grupo de probetas K2 serán sometidas a ciclos de lavados controlados con la programación establecida en base al peso del grupo de muestras como se observa en la siguiente tabla.

**Tabla 17**

*Parámetros de trabajo del Wascator y secado*

Detalle	Cantidad	Unidades
Temperatura de lavado	20	°C
Tiempo de lavado	90	min
Nivel norma ISO 6330	3N	Nivel de lavado
Tiempo de secado	24	h

**Fuente:** Propia.

Para determinar si el acabado aplicado resiste a los procesos de lavado y secado doméstico de las probetas K2, se siguió con el siguiente proceso:

- 1) Pesar el grupo de probetas en la balanza analítica.
- 2) Pesar la cantidad de detergente B para el proceso de lavado.
- 3) Encender el equipo de lavado doméstico Wascator.
- 4) Abrir la compuerta e ingresar las probetas depositándolas en el tambor de la máquina.
- 5) Suministrar el detergente en el compartimento principal.
- 6) Ingresar la tarjeta de memoria en la ranura correspondiente.
- 7) Elegir la programación con la cual se va a trabajar.
- 8) Someter las muestras al nivel de lavado seleccionado.
- 9) Retirar e identificar las probetas

Inmediatamente terminado el proceso de lavado, las probetas serán colocadas durante 24 horas a secarse a temperatura ambiente sobre la bandeja de tendido como se muestra en la Figura 17 para posteriormente ingresar en la cámara de cristal y ser expuestas condiciones prolongadas de radiación solar.

### **Figura 17**

*Grupo de probetas K2*



**Fuente:** Propia

#### **d) Proceso de exposición prolongada a la radiación solar**

Después de tener las probetas segmentadas (K1, K2, K3 y las probetas sin acabado); lavadas y secadas en el caso del grupo K2, ingresarán a la cámara de cristal como se muestra en la Figura 18, donde permanecerán una duración total de 120 horas de exposición solar, con

el objetivo de tomar las mediciones, en cuanto a la cantidad de irradiancia que esta fluctuando en el interior sobre estas.

### **Figura 18**

*Cámara de Cristal y probetas de algodón 100%*



**Fuente:** Propia

#### **e) Proceso de medición instrumental**

Como último paso de la parte experimental y una vez haya transcurrido el tiempo de exposición prolongada a la radiación solar, el grupo de probetas K1, K2 y K3 serán sometidas a la medición instrumental del color bajo la norma ISO 105 A06, para determinar los grados de blancura finales y coordenadas Cielab entre cada una de las muestras con la ayuda del colorímetro o espectrofotómetro X-Rite como se muestra en la Figura 19, para el uso de este se debe seguir el siguiente procedimiento.

- 1) Encender el espectrofotómetro y la computadora.
- 2) Seleccionar el programa controlador color i5.
- 3) Seleccionar la ranura de 25 mm de apertura óptica.
- 4) Calibrar el espectrofotómetro.
- 5) Seleccionar los grados de blancura Berger.
- 6) Realizar las mediciones de las probetas.
- 7) Determinar y los grados de blancura y coordenadas Cielab entre los grupos de probetas.

- 8) Registrar los resultados obtenidos entre cada medición instrumental del color.
- 9) Guardar los resultados en la computadora.

### Figura 19

*Medición instrumental de muestras*



**Fuente:** Propia.

#### **3.6.1 Medición de la irradiación UVA, UVB, UVC.**

Para esta prueba de medición las probetas con y sin acabado ingresaron a la cámara de cristal donde se empleó el foto radiómetro para medir la cantidad de irradiación que está influenciando sobre estas a determinadas horas del día ya que, “Los rayos ultravioletas del sol son más fuertes entre las 10 de la mañana y las 4 de la tarde” (EPA, 2007), por lo tanto se podrá obtener resultados de la radiación UVA, UVB y UVC a las 0, 30, 60, 90 y 120 horas de exposición respectivamente y promediarlos .

#### **3.6.2 Solidez del acabado al lavado doméstico.**

Este tipo de ensayo fue aplicado únicamente al grupo de probetas K2; con lo cual, se toma como referencia el grado de durabilidad del acabado en el tejido y como este puede actuar sobre el mismo al estar expuesto a condiciones prolongadas de exposición solar

#### **3.6.3 Determinación de las coordenadas colorimétricas.**

Del grupo de probetas K1 y K3 se elegirá una muestra por cada dosificación; es decir del grupo de probetas K1 al no tener un acabado, de las 3 previstas se tomará solo una, por otra parte, y de manera similar, del grupo de probetas K3 se eligiera una por el tipo de

dosificación de C.A. y micro emulsión de silicona, posteriormente las cuales serán medidas y comparadas con la probeta base para determinar los grados Berger y coordenadas Cielab.

#### **3.6.4 Determinación de las coordenadas colorimétricas después del lavado.**

Del mismo modo, del grupo de probetas K2 se elegirá una muestra por cada dosificación de químicos y se comparará con la probeta base para determinar los grados Berger y coordenadas Cielab; cabe recordar que, este grupo de probetas no se saltó ningún proceso cumpliendo con cada uno de los pasos como se muestra en la Figura 9.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES.

#### 4.1 Resultados.

Finalizado el proceso de impregnación, fijación y lavado, las probetas de tejido Jersey algodón 100% fueron sometidas a la exposición prolongada de radiación UV durante un periodo de 10 horas diarias en un lapso de 12 días, con un total de 120 horas de exposición, para posteriormente ser analizadas en el espectrofotómetro X-Rite con el programa de control de calidad Color i5.

Es importante mencionar, que las probetas durante la exposición permanecieron dentro de la caja de cristal para evitar posibles contaminantes exteriores como polvo y polución que puedan estar presentes en el ambiente, asegurando que las muestras se encuentren en las mismas condiciones ambientales

##### 4.1.1 Tablas de resultados de la irradiación ( $W/m^2$ ).

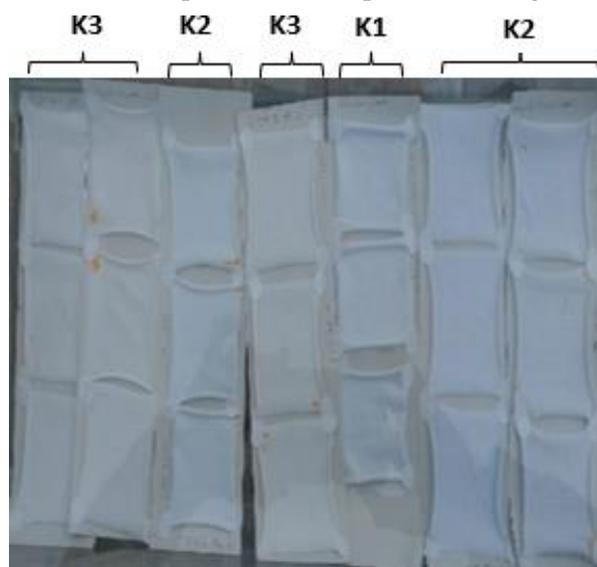
Dado que, los rayos ultravioletas son más intensos desde las 10 de la mañana hasta las 4 de la tarde, se tomaron las mediciones de radiación UVA, UVB y UVC en diferentes horas del día, dentro de ese rango de tiempo como se muestra desde la Tabla 18 hasta la Tabla 22 de resultados, donde se puede apreciar la magnitud, además de la toma de temperatura ( $T^\circ$ ) y humedad relativa (HR) que tiene el ambiente donde se encuentran las probetas.

Es importante mencionar que la temperatura dentro como fuera de la cámara de cristal no van a ser las mismas como se observa en el **Anexo 5**; por lo tanto, se puede señalar que, estas van a ser diferentes debido a las condiciones dentro de la misma que impedirá el ingreso y salida de aire; dado que, esta deberá encontrarse en un lugar abierto y expuesta a las condiciones del ambiente como se observa en el **Anexo 6**. Sin embargo, la humedad relativa se mantiene en el mismo porcentaje, es decir que no habrá una variación dentro y fuera de la cámara de cristal como se observa en el **Anexo 7**.

Alcanzadas las 60 horas y para este punto de exposición prolongada al sol, las probetas comienzan a presentar un leve cambio visual en su tono como se observa en **Anexo 8**; sin embargo, dadas las 90 horas de exposición, se presenta en la mayoría de las probetas un cambio notorio de tono como se observa en la siguiente figura.

**Figura 20**

*90 Horas de exposición solar, probetas de algodón.*



**Fuente:** Propia

No obstante, las muestras permanecerán un total de 120 horas para obtener los datos necesarios, medir los grados Berger y coordenadas Cielab, entre la probeta base medida anteriormente en el espectrofotómetro y las muestras con/sin aplicación del acabado químico.

**Tabla 18**

*Medición de radiación, 0 horas de exposición solar sobre, probetas(K1,K2,K3)*

<b>Hora</b>	<b>UVA</b>	<b>UVB</b>	<b>UVC</b>	<b>Unidad</b>
11 am	10,111	14,7 <sup>-3</sup>	4,7 <sup>-3</sup>	W/m <sup>2</sup>
13 pm	15,972	20,08 <sup>-3</sup>	1,9 <sup>-3</sup>	W/m <sup>2</sup>
15 pm	3,646	7,5 <sup>-3</sup>	5,4 <sup>-3</sup>	W/m <sup>2</sup>
<b>Temperatura:</b>	33°C	<b>HR:</b>	51%	
<b>Observaciones</b>	Soleado			

**Fuente:** Propia

**Tabla 19***Medición de radiación, 30 horas de exposición sola sobre, probetas(K1,K2,K3)*

<b>Hora</b>	<b>UVA</b>	<b>UVB</b>	<b>UVC</b>	<b>Unidad</b>
11 am	16,648	9,4 <sup>-3</sup>	3,6 <sup>-3</sup>	W/m <sup>2</sup>
13 pm	18,159	12,7 <sup>-3</sup>	4,1 <sup>-3</sup>	W/m <sup>2</sup>
15 pm	4,193	7,4 <sup>-3</sup>	6,7 <sup>-3</sup>	W/m <sup>2</sup>
<b>Temperatura:</b>	33°C	<b>HR:</b>	51 %	
<b>Observaciones:</b>	Soleado			

**Fuente:** Propia**Tabla 20***Medición de radiación, 60 horas de exposición solar sobre, probetas(K1,K2,K3)*

<b>Hora</b>	<b>UVA</b>	<b>UVB</b>	<b>UVC</b>	<b>Unidad</b>
11 am	2,712	6,8 <sup>-3</sup>	1,3 <sup>-3</sup>	W/m <sup>2</sup>
13 pm	9.012	9,0 <sup>-3</sup>	2,4 <sup>-3</sup>	W/m <sup>2</sup>
15 pm	1,753	5,1 <sup>-3</sup>	0,9 <sup>-3</sup>	W/m <sup>2</sup>
<b>Temperatura:</b>	33°C	<b>HR:</b>	51%	
<b>Observaciones:</b>	Parcialmente soleado			

**Fuente:** Propia**Tabla 21***Medición de radiación, 90 horas de exposición solar sobre, probetas(K1,K2,K3)*

<b>Hora</b>	<b>UVA</b>	<b>UVB</b>	<b>UVC</b>	<b>Unidad</b>
11 am	4,904	9,3 <sup>-3</sup>	2,3 <sup>-3</sup>	W/m <sup>2</sup>
13 pm	3,216	7,1 <sup>-3</sup>	1,8 <sup>-3</sup>	W/m <sup>2</sup>
15 pm	3,441	6,0 <sup>-3</sup>	5,3 <sup>-3</sup>	W/m <sup>2</sup>
<b>Temperatura:</b>	33°C	<b>HR:</b>	51%	
<b>Observaciones:</b>	Parcialmente soleado			

**Fuente:** Propia

**Tabla 22**

*Medición de Radiación, 120 horas de exposición solar sobre, probetas (K1, K2, K3)*

<b>Hora</b>	<b>UVA</b>	<b>UVB</b>	<b>UVC</b>	<b>Unidad</b>
11 am	3,942	9,4 <sup>-3</sup>	2,1 <sup>-3</sup>	W/m <sup>2</sup>
13 pm	7,842	10,2 <sup>-3</sup>	1,8 <sup>-3</sup>	W/m <sup>2</sup>
15 pm	1,317	3,6 <sup>-3</sup>	0,8 <sup>-3</sup>	W/m <sup>2</sup>
<b>Temperatura:</b>	33°C	<b>HR:</b> 51%		
<b>Observaciones:</b>	Parcialmente soleado			

**Fuente:** Propia

Completadas las 120 horas establecidas, la mayoría de las probetas presentan en cierta medida un cambio de tono, como observa en la Figura 21 por lo cual, se las extraerá de la cámara de cristal y posteriormente se clasificarán en:

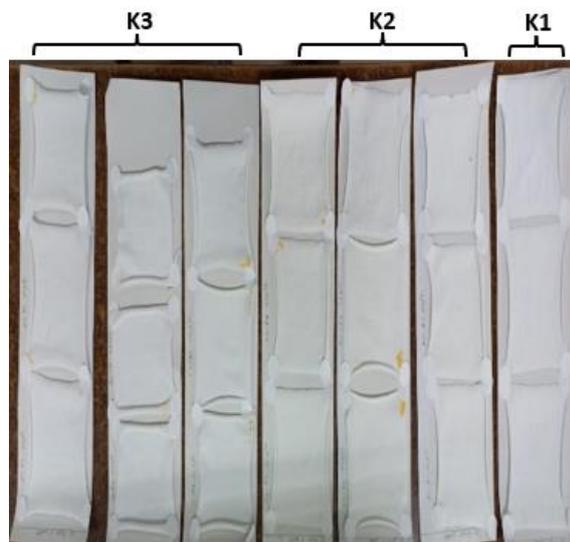
- Sin ningún proceso (SNP) “K1”
- Sin proceso de lavado (SP) “K3”
- Con proceso de lavado (CP) “K2”

Por lo tanto, estas serán medidas y comparadas para obtener los distintos resultados del proceso experimental; cabe resaltar que, la radiación UVA, UVC, y UVB es muy fluctuante en relación con la hora de la toma de irradiancia; depende de muchos factores climáticos y atípicos para que, los rayos lleguen hacia la superficie terrestre; sin embargo, se puede decir que, el mayor punto de radiación emitida por el sol es a las 13:00 horas pm como se observa en la Figura 22.

Como dato importante, la radiación UVC aumenta a medida que transcurre el tiempo; es decir, que esta va a presentar mayor intensidad en horas de la tarde a diferencia de la radiación UVA y UVB que van disminuyendo; sin embargo, este tipo radiación no representa una gran variedad de irradiancia en comparación con las demás, dado que su pico más alto se presentó a las 30 horas de exposición al sol, donde se mantuvo debajo de un promedio general de los 5<sup>-3</sup> W/m<sup>2</sup>.

**Figura 21**

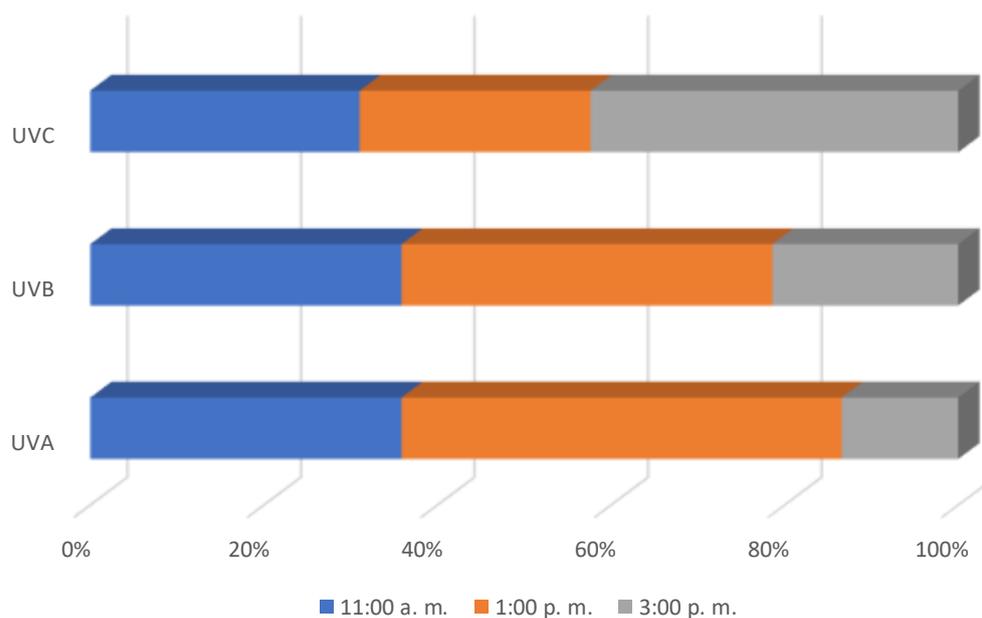
*120 Horas de exposición solar, probetas de algodón*



**Fuente:** Propia

**Figura 22**

*Intensidad de Radiación UV a distintas horas*



**Fuente:** Propia.

#### 4.1.2 Tabla de resultados, grados Berger y coordenadas Cielab.

Dentro de las coordenadas “ $\Delta L^*$   $\Delta a^*$   $\Delta b^*$ ”, existe una resultante que es el Delta E ( $\Delta E$ ); en tal sentido, para precisar la diferencia entre cada probeta, se tomaron en cuenta los

valores dados por los grados Berger y los valores resultantes de los  $\Delta E_{cmc}$  de cada una de las muestras como observa en la siguiente tabla:

**Tabla 23**

*Grados Berger y coordenadas Cielab de probetas sin proceso de lavado (SP)*

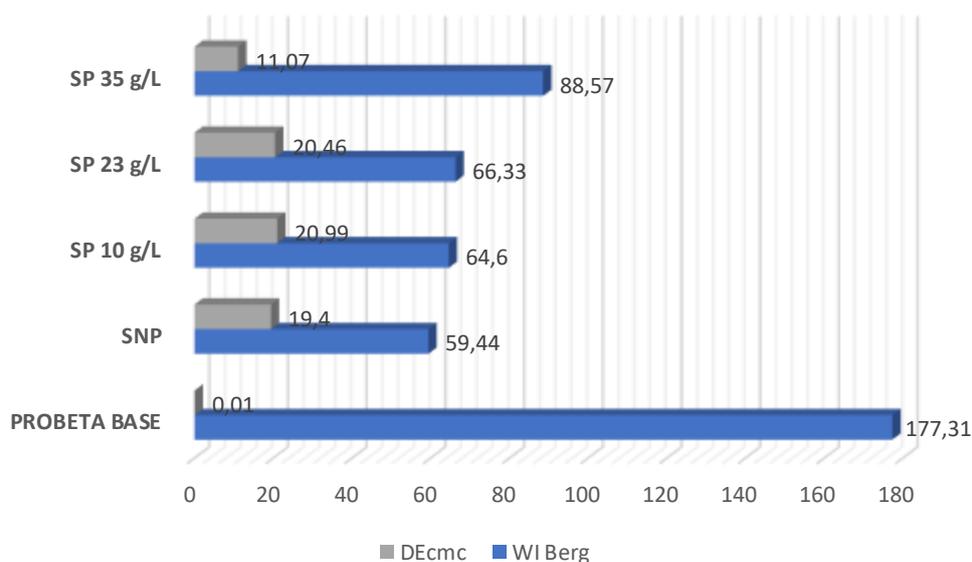
Algodón 100%	WI Berger	DL*	Da*	Db*	$\Delta E_{cmc}$
PROBETA BASE	177,31	-0,001	0,01	0,01	0,01
SNP	59,44	-4,21	-2,35	21,29	19,40
SP 10 g/L	64,60	-0,82	-3,56	22,07	20,99
SP 23 g/L	66,33	-0,56	-3,51	21,79	20,46
SP 35 g/L	88,57	0,04	-2,92	17,26	11,07

**Fuente:** Propia

Como se observa en la Figura 23 la aplicación de C.A. sin un posterior lavado en las probetas (SP), los grados Berger son mayores en relación con la probeta (SNP), sin embargo, estos grados de blancura son inferiores a los de la probeta base que no tuvo ningún tipo de aplicación y proceso químico; cabe recalcar que, en proporción a la dosificación g/L de C.A. aumentan los grados Berger; es decir, a mayor concentración se incrementan las unidades de blancura.

**Figura 23**

*Probetas de algodón, sin proceso de lavado (SP)*



**Fuente:** Propia

En cuanto a la resultante de  $\Delta E_{cmc}$ , podemos observar en la Tabla 23, la probeta base está próximo a cero, siendo este el estándar para las demás muestras; obteniéndose que los Deltas E ( $\Delta E$ ) de cada probeta (SP) disminuyen cuando la concentración de C.A. aumenta.

#### 4.1.3 Tabla de resultados, grados Berger y coordenadas Cielab después del lavado.

Por otra parte, al existir un proceso de lavado se puede observar en la Tabla 24, los grados Berger en las probetas (CP) aumentan considerablemente en relación con la probeta (SNP); Figura 24, siendo estos valores relativamente próximos a los de la probeta base.

**Tabla 24**

*Grados Berger y coordenadas Cielab de probetas con proceso de lavado (CP)*

Algodón 100%	WI Berger	DL*	Da*	Db*	$\Delta E_{cmc}$
PROBETA BASE	177,31	-0,001	0,01	0,01	0,01
SNP	59,44	-4,21	-2,35	21,29	19,40
CP 10	124,69	-0,55	-1,54	9,49	6,07
CP 23	129,31	-0,01	-1,39	8,89	5,68
CP 35	131,95	0,08	-1,26	8,41	5,38

**Fuente:** Propia

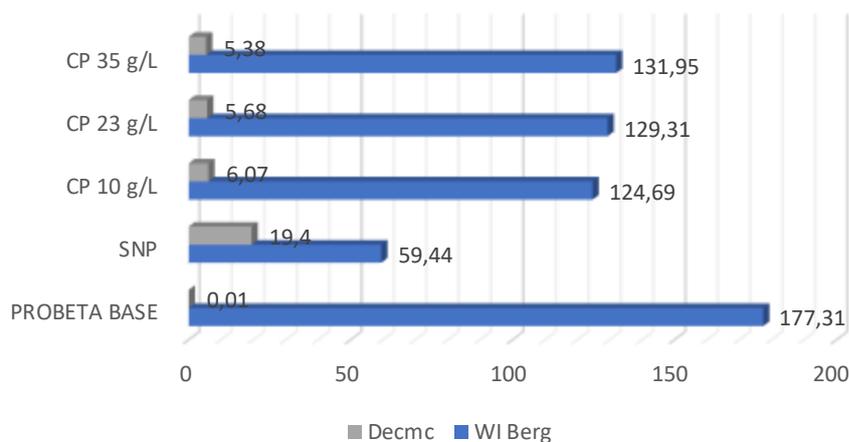
Del mismo modo, como se observa la Figura 25 el resultante de  $\Delta E_{cmc}$ , de cada probeta (CP) disminuye cuando la concentración de C.A. aumenta; es decir que, a mayor aplicación g/L los valores tienden ser próximos a cero a diferencia de la probeta (SNP).

**Figura 24**

*Probeta (SNP) y probeta (CP) 10 g/L*



**Fuente:** Propia

**Figura 25***Probetas de algodón con proceso de lavado (CP)***Fuente:** Propia.

#### 4.1.4 Tabla general de resultados de la irradiancia, grados Berger y coordenadas Cielab antes y después del lavado

Para una mejor apreciación, los datos se englobaron en la Tabla 25, donde cada dosificación está a la par con su semejante, además de encontrarse los resultados de la probeta base; en la Figura 26, se logra visualizar la diferencia que existe entre la probeta base, probeta sin aplicación química y, probetas con proceso de lavado y sin proceso de lavado.

**Tabla 25***Grados Berger, coordenadas Cielab de probetas SP-CP-SNP*

Algodón 100%	WI Berger	DL*	Da*	Db*	$\Delta DE_{cmc}$
P. BASE	177,31	-0,001	0,01	0,01	0,01
SNP	59,44	-4,21	-2,35	21,29	19,40
SP 10 g/L	64,60	-0,82	-3,56	22,07	20,99
CP 10 g/L	124,69	-0,55	-1,54	9,49	6,07
SP 23 g/L	66,33	-0,56	-3,51	21,79	20,46
CP 23 g/L	129,31	-0,01	-1,39	8,89	5,68
SP 35 g/L	88,57	0,04	-2,92	17,26	11,07
CP 35 g/L	131,95	0,08	-1,26	8,41	5,38

**Fuente:** Propia,

En el mismo contexto, se puede visualizar en la Tabla 26, el promedio general de la irradiancia de los rayos UVA, UVB y UVC tomados en distintos lapsos del día con un tiempo total de 120 horas durante 12 días.

**Tabla 26**

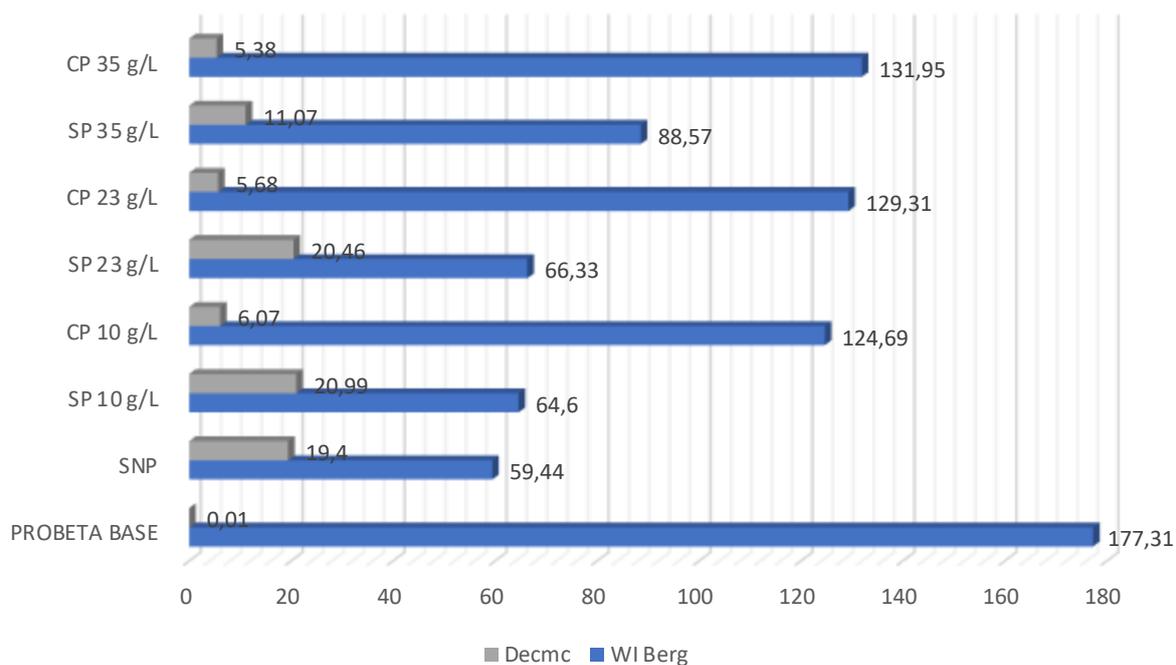
*Promedio de la toma de irradiancia a distintas horas del día*

Hora	UVA	UVB	UVC	Unidad
11 am	7,6634	9,92 <sup>-3</sup>	2,8 <sup>-3</sup>	W/m <sup>2</sup>
13 pm	10,8	11,816 <sup>-3</sup>	2,4 <sup>-3</sup>	W/m <sup>2</sup>
15 pm	2,9	5,92 <sup>-3</sup>	3,82 <sup>-3</sup>	W/m <sup>2</sup>

**Fuente:** Propia

**Figura 26**

*Comparación y diferencia entre probetas de algodón SP-CP-SNP*



**Fuente:** Propia.

## 4.2 Discusión de resultados.

En este apartado del trabajo de investigación, se pone énfasis en los datos obtenidos durante el análisis de las muestras mediante el espectrofotómetro X-RITE, los cuales a su vez fueron sometidos a una prueba de varianza y normalidad de datos, empleando el programa estadístico Past 4.

Es importante mencionar que los únicos datos analizados, fueron los resultados obtenidos de las probetas que estuvieron expuestas a la radiación solar y la probeta base inicial sin ningún tipo de aplicación y exposición; ya que, los resultados obtenidos en la medición de la irradiación comprenden a un control de la cantidad de radiación que estaba fluctuando sobre las muestras dentro de la cámara de cristal.

### 4.2.1 Análisis de la varianza.

El análisis de la varianza o ANOVA es uno de los sistemas de medida más importantes; debido a que, este método estadístico se emplea cuando existen más de dos conjuntos “variables” que necesitan ser contrastados a partir de las medianas.

#### Figura 27

Test de Varianza Anova

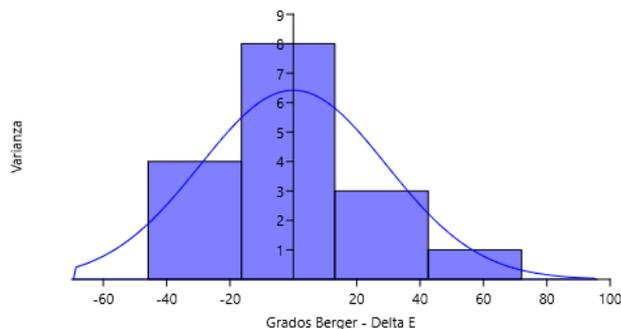
One-way ANOVA	Residuals	Tukey's pairwise	Kruskal-Wallis	Mann-Whitney pairwise	Dunn's post hoc
<b>Test for equal means</b>					
	<b>Sum of sqrs</b>	<b>df</b>	<b>Mean square</b>	<b>F</b>	<b>p (same)</b>
<b>Between groups:</b>	35451.2	1	35451.2	38.56	2.276E-05
<b>Within groups:</b>	12871	14	919.356		<b>Permutation p (n=99999)</b>
<b>Total:</b>	48322.2	15			0.00016
<b>Components of variance (only for random effects):</b>					
<b>Var(group):</b>	4316.49	<b>Var(error):</b>	919.356	<b>ICC:</b>	0.824411
<b>omega<sup>2</sup>:</b>	0.7013				
<b>Levene's test for homogeneity of variance, from means</b>				<b>p (same):</b>	0.0006164
<b>Levene's test, from medians</b>				<b>p (same):</b>	0.0006915
<b>Welch F test in the case of unequal variances: F=38.56, df=7.524, p=0.0003299</b>					

Fuente: Propia

En la Figura 27 , estos dos valores  $p(\text{same})$ : 0.0006164 y  $p(\text{same})$ : 0.0006915 no son homogéneos, sin embargo, mantienen una similitud de datos la cual se puede representar mediante la campana la Gauss como se observa en la Figura 28.

### Figura 28

#### *Análisis de la Varianza*



**Fuente:** Propia

Por ende, se puede expresar que la mayoría de los datos obtenidos mediante el análisis de varianza están dentro de la normalidad de datos, es decir, que tienen un 95% de confiabilidad.

#### 4.2.2 Normalidad de datos

Para el análisis de la normalidad de datos obtenidos de las probetas sometidas en el espectrofotómetro, se emplearon los métodos estadísticos numéricos de:

- Shapiro Wilk
- Anderson Darling
- Lilliefors
- Jarque – Bera

Donde dichos métodos plantean una hipótesis en la cual los datos tienden o no, a tener una distribución normal; por ende, la normalidad dentro de los parámetros estadísticos establece que estos sistemas de análisis estén dentro del 95% de confiabilidad y sus  $p(\text{normal})$  deben ser mayores a 0,05.

En tal sentido, el análisis muestral donde se evaluaron los grados Berger y el Delta E de las probetas, es  $< 50$  y  $> 5$ , lo que se establece para los métodos Shapiro Wilk, Anderson Darling y Jarque Bera, sin embargo, para el método Lilliefors también denominado K-S se debería tener una muestra mayor a 50 datos; no obstante, Romero (2016) menciona que:

La prueba K-S para una muestra no es muy útil en la práctica, ya que en la gran mayoría de las veces desconocemos cuál es la media y desviación estándar de la población, y, por tanto, se deben estimar para la distribución teórica de comparación. Esto genera que la prueba K-S sea muy conservadora, aceptando la hipótesis nula en la mayoría de las ocasiones. (pp, 38)

Por lo tanto, este método queda descartado el cual no tendrá un valor significativo en relación con los otros valores.

## Figura 29

### Normalidad de Datos

#### Tests for normal distribution

	WI Berg	Decmc
<b>N</b>	8	8
<b>Shapiro-Wilk W</b>	0,9004	0,8737
<b>p(normal)</b>	0,2913	0,1636
<b>Anderson-Darling A</b>	0,3967	0,4994
<b>p(normal)</b>	0,2794	0,1447
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,2982	0,1544
<b>Lilliefors L</b>	0,1975	0,2328
<b>p(normal)</b>	0,4688	0,2252
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,4723	0,2339
<b>Jarque-Bera JB</b>	0,565	0,8065
<b>p(normal)</b>	0,7539	0,6681
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,5889	0,3335

**Fuente:** Propia.

Como se observa en la Figura 29, los datos p(valor) de Shapiro Wilk, Anderson Darling y Jarque Bera son mayores a 0.05; es decir, que la hipótesis nula es aceptada, por ende, el conjunto muestral con respecto a los grados Berger y Delta E tienen una distribución normal.

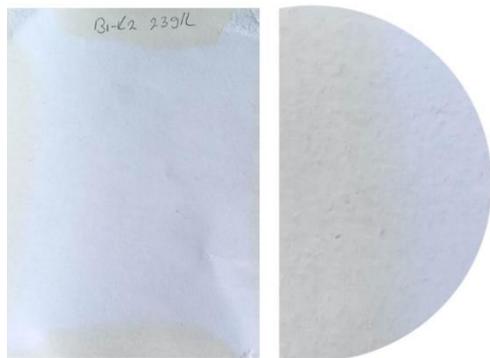
### 4.2.3 Análisis de resultados.

Un factor importante que se debe denotar es la temperatura alcanzada dentro de la cámara de cristal; ya que, si bien es cierto esta se encontraba en un rango superior a la temperatura del ambiente exterior como se puede ver en el **Anexo 5**, cabe mencionar que este parámetro no ha influenciado sobre las probetas de algodón; dado que, al momento de la extracción estas se encontraban sobre una base de papel, la cual al ser retiradas se produjo una sombra de decoloración amarillenta como se muestra en la Figura 30, quedando descartado este factor.

En cuanto a la radiación UV, esta alcanza sus picos más altos cuando el sol se encuentra perpendicular al plano terrestre; por ende, causa mayor degradación al sustrato textil, sin embargo, hay que resaltar que las probetas no estuvieron en contacto directo con el ambiente debido que, se encontraban dentro de la cámara de cristal, la cual evitó que factores atípicos externos puedan alterarlas.

#### Figura 30

*Decoloración, base de papel usado para mantener fijas las probetas de algodón*



**Fuente:** Propia

Al respecto con la dosificación g/L de C.A. en las probetas (SP) y (CP) puede denotarse que, a mayor concentración de este, las unidades de blancura aumentan y el resultante del  $\Delta E_{cmc}$  tiende a ser próximo al valor numérico de la probeta base.

Sin embargo, al existir un posterior lavado en las probetas, se obtiene mejores resultados en los grados Berger y  $\Delta E_{cmc}$ , dando una conjetura en la cual se podría decir que,

la micro emulsión de silicona se eliminó en cierta medida después del proceso de lavado, no obstante al existir una tendencia en el aumento de grados Berger y disminución del Delta ( $\Delta E_{cmc}$ ), se puede afirmar que este tipo de aplicación química con un posterior lavado puede efectuarse como un agente de prevención ante el amarillamiento del tejido de algodón 100% frente a la radiación ultravioleta.

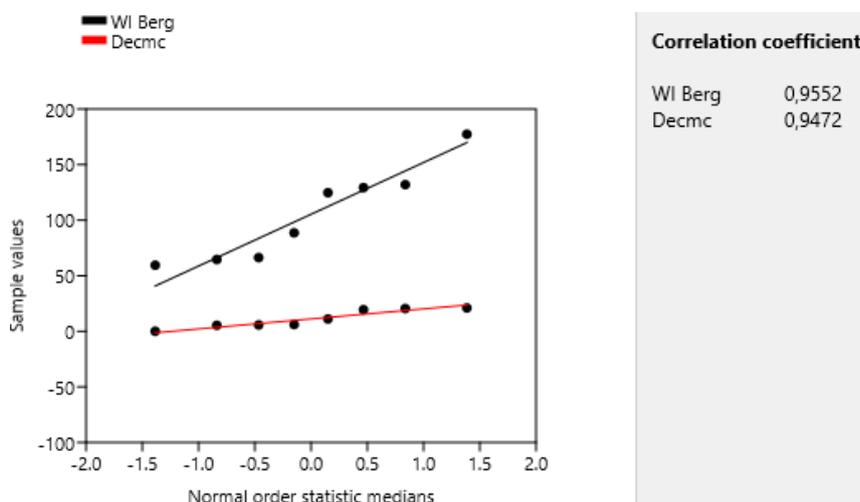
Lo cual queda comprobado bajo el análisis del coeficiente de correlación lineal, debido que es una medida numérica que permite medir el grado de asociación entre dos variables cuantitativas, además otros autores mencionan:

No obstante, ha de indicarse que la magnitud de la relación viene especificada por el valor numérico del coeficiente, reflejando el signo la dirección de tal valor. En este sentido, tan fuerte es una relación de +1 como de -1. En el primer caso la relación es perfecta positiva y en el segundo perfecta negativa. (Camacho, 2007, pp 2)

En lo anteriormente expuesto, se puede decir que los valores numéricos tienen una relación fuerte al encontrarse entre  $\pm 0,85$  y  $\pm 0,95$  como se observa en la Figura 31, esto expresado matemáticamente se puede afirmar que se encuentran en un 95 % de confiabilidad.

**Figura 31**

*Coeficiente de correlación*



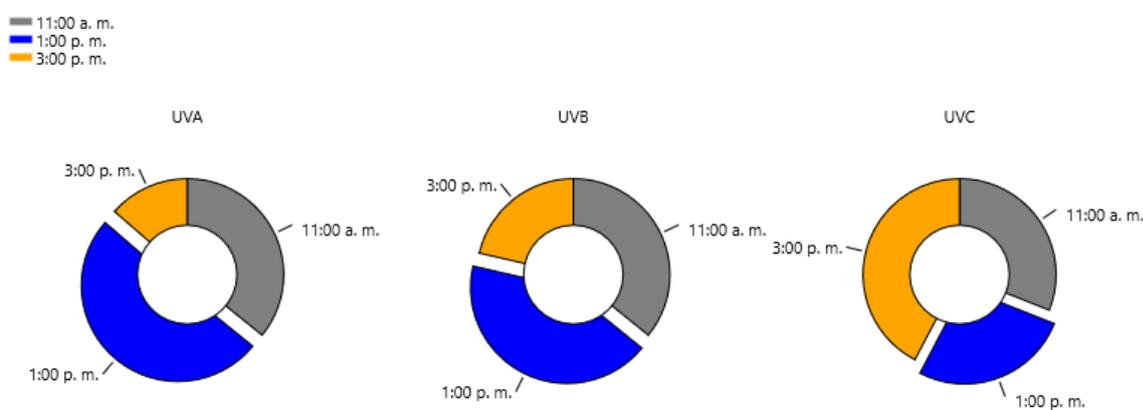
**Fuente:** Propia.

#### 4.2.4 Análisis de la tabla general de resultados de la irradiancia, grados Berger y coordenadas Cielab antes y después del lavado

En la Figura 32 se observa como la irradiancia medida a distintas horas va incrementando o decreciendo, dependiendo del tipo de radiación, por consiguiente, cada gráfica de anillo representa una de ellas, la cual a su vez está relacionada con la Tabla 27 que representa numéricamente el porcentaje promedio de estas a diferentes horas del día.

**Figura 32**

*Promedio de irradiancia a distintas horas*



**Fuente:** Propia

Con respecto a los rayos ultravioletas UVA y UVB se puede expresar que, su punto más alto de radiación se presenta a la 1:00 pm con 50,53 % y 42,72% respectivamente; sin embargo, sucede lo contrario con el tipo de radiación UVC, que en comparación con las demás, esta tiende a incrementarse en horas de la tarde “3:00 pm” en un 42,35% como se observa en la siguiente tabla.

**Tabla 27**

*Porcentajes promedio en base a la tabla general de Radiación UV*

Horas	UVA	UVB	UVC
<b>11 am</b>	35,85 %	35,87%	31,04%
<b>13 pm</b>	50,53%	42,72%	26,6%
<b>15 pm</b>	13,57%	21,41%	42,35%

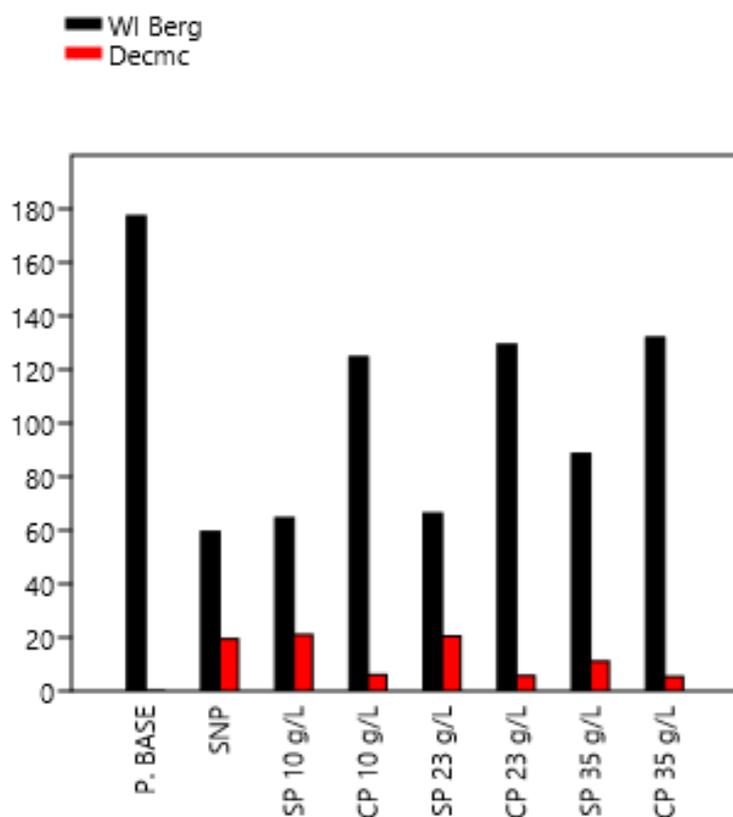
**Fuente:** Propia

En cuanto, los grados Berger al igual que los Deltas E, van a variar dependiendo de la dosificación de C.A. y proceso posterior; ya que, como se puede observar en la Tabla 25, la diferencia entre las probetas (SP) y (CP) es notoria en relación con la probeta (SNP) que no tuvo ninguna aplicación química; para ser exactos, en porcentajes se puede expresar que las muestras sin y con proceso de lavado disminuyeron en un promedio del 41 y 73% respectivamente con respecto a la probeta base, sin embargo estos valores son mayores que la probeta que no tuvo ningún tipo de aplicación química que cuenta con 34%; por ende la diferencia se establece en la cantidad de aplicación de C.A. sobre los sustratos textiles y un posterior lavado de los mismos como se observa en la Figura 33y

Tabla 28.

**Figura 33**

*Porcentaje en barras de coordenadas Cielab y grados Berger*



**Fuente:** Propia

**Tabla 28***Grados Berger de las probetas de algodón expuestas a 120 horas de luz solar*

<b>Características</b>	<b>Blancura</b>	<b>Porcentaje</b>
PROBETA BASE	177,31	100
SNP	59,44	34
CP 10 g/L	124,7	70
CP 23 g/L	129,3	73
CP 35 g/L	131,95	74
SP 10 g/L	64,6	36
SP 23 g/L	66,3	37
SP 35 g/L	88,6	50

**Fuente:** Propia.

## CAPÍTULO V

### 5.1 Conclusiones.

Una vez terminado este trabajo de investigación sobre la prevención del amarillamiento de los tejidos blanqueados jersey algodón 100% se obtienen los siguientes resultados:

- Las diferentes fuentes bibliográficas y la información técnica sobre el ácido cítrico permiten aseverar que este elemento químico es comúnmente utilizado en la industria textil como agente neutralizante en procesos de teñido, además, este compuesto también es empleado en métodos domésticos de “lavado” en prendas blancas para la eliminación de mancha. En cuanto al amarillamiento de los tejidos blancos de algodón 100% por los rayos UV que están comprendidos entre los 100 y 400 nm, se ha determinado que este efecto de amarillamiento empieza a aparecer a partir de las 60 horas de exposición a la radiación UV.
- Para la aplicación del acabado químico se realizaron tres recetas con 10; 23 y 35 g/L de ácido cítrico, para fijar este acabado se utilizó micro emulsión de silicona al 20% como sugiere la ficha técnica del fabricante; además, se trabajó con un pick up promedio de 82,6%, siendo este valor muy cercano al pick up ideal que este tipo de procesos que es del 85 al 95%.
- Al analizar las probetas acabadas mediante la norma ISO 105 A06 “Medición instrumental de la profundidad del color” a través del espectrofotómetro Color I5 de la marca X- Rite se obtuvo que: en todas las muestras analizadas, las probetas sin proceso de lavado (SP) y con proceso de lavado (CP) con: 15; 23 y 35 g/L de ácido cítrico y 20% de micro emulsión de silicona, luego de estar expuestas a 120 horas de luz solar poseen valores elevados de grados de blancura Berger con respecto a la probeta sin ningún sin ningún tipo de proceso (SNP); pudiendo

establecer que, la aplicación de C.A. y micro emulsión de silicona evitan aceleramiento del amarillamiento y que se presenta sobre la superficie del tejido.

- Las muestras con resultados satisfactorios corresponden a (CP) 35g/L y (SP) 35g/L, obteniendo un valor de 131,95 y 88,6 grados de blancura Berger y un Delta E de 5,38 y 11,07 respectivamente en comparación con la muestra sin ningún tipo de acabado (SNP) que obtuvo un (W.I.) de 59,44 y un ( $\Delta E_{cmc}$ ) del 19,40 después de 120 horas de exposición; por tanto, al analizar la tendencia de estos resultados se puede decir que mientras mayor sea la dosificación de ácido cítrico menor será el amarillamiento producido por los rayos UV.
- Por medio de las gráficas de barras y porcentajes de blancura, las muestras (CP) con 10, 23 y 35 g/L de ácido cítrico presentan un promedio de eficacia del 73% en comparación con las probetas (SP) que tuvieron un promedio 41%; sin embargo, estos valores son mejores que la probeta (SNP) que cuenta con 34%.
- Por último, mediante el software estadísticos Past 4 por medio de la gráfica de correlación se llegó a inferir que los grados Berger (W.I) y Delta E ( $\Delta E_{cmc}$ ) están dentro de la normalidad de datos, contando con valores p(normal) de 0,9552 y 0,9472 respectivamente. Lo cual indica que estos datos están en un 95% de confianza debido a que el valor de p(normal) es mayor a 0,05.

## **5.2 Recomendaciones.**

- Continuar con la investigación o realizar una nueva donde se aplique ácido cítrico en tejidos naturales, sintéticos y sus mezclas para conferir un acabado antibacterial dado que el ácido cítrico tiene propiedades bactericidas, evitando la proliferación de bacterias u hongos sobre los sustratos textiles.
- Del mismo modo se podría realizar una investigación donde se utilicen concentraciones mayores a 35 g/L de ácido cítrico, ya que, como se pudo observar en los diferentes tipos de recetas, la dosificación al ir aumentando mejora la

condición en la prevención del amarillamiento provocado por los rayos UV; Lo cual, también se le añade un aspecto importante que es en la utilización para la eliminación de manchas amarillas sobre los tejidos blancos en procesos de lavado.

- Al ser un acabado impregnado con micro emulsión de silicona, se podría inferir en el uso de resina, debido a que este tiene mayor estabilidad térmica ante el calor y pueda resistir mejor sobre el tejido a condiciones ambientales.
- Para una buena disolución de los auxiliares en un medio acuoso y que su aplicación sea homogénea en todo el sustrato, se debe tener en cuenta la presión de los rodillos y la velocidad a la que giran; ya que, de esto dependerá la cantidad de solución retenida en el tejido.
- Es importante que en todo momento exista una correcta manipulación de los elementos químicos y equipos de laboratorios, para así evitar alteraciones en los resultados finales o dar inicio algún incidente que pueda suscitarse en el momento del desarrollo práctico, además de tener en cuenta que los equipos a emplearse estén calibrados, normados y cuenten con las respectivas normas y cumplimientos legales para validar o desmentir los resultados obtenidos.
- Por propiedades fisicoquímicas el algodón es atacado por los ácidos, se podría recomendar estudiar los efectos en la resistencia del tejido ocasionado por el tratamiento con ácido cítrico.
- Adicionando a las ideas expuestas se debe tener en cuenta que las muestras al contener una aplicación con micro emulsión de silicona deben tener un proceso de termofijado con una temperatura de 105° C en un tiempo de 30 min para evitar amarillamientos producidos por excesos de temperatura.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Algaba, J., & M, I. (2008). *Tejido En El Factor De Protección a La Radiación*.
- Antonio, S. F. (2018). *Conservación y restauración de bronce históricos* (F. C. Bueno & J. S. Blasco (Eds.); Sociedad L). F. Drago. Andocopias S. L. c/ La Hornera, 41. 38296 La Laguna. Tenerife.
- Asamblea Nacional. (2008). Constitución del Ecuador (análisis) | Análisis de la Constitución de la República del Ecuador. In *Iusrectusecart* (pp. 1–219). [www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)
- Baltanás, G., Cugnet, L., & Fourcada, V. (2006). *Estructura Del Tejidos De Punto. I*, 13.
- Benninger, Engineers, C., & ISSPPRO. (2016). *Textile Finishing Industry* (Issue July, p. 130). UNIDO, Environmental Management Branch, Vienna.
- Bugaders, G. de T. i. (2020). Procesos Textiles | textiles. *Blog, I*, 1.
- Cabanes, A. S. (2012). *Protección Ultra Violeta ( Uv ), En Textiles*.
- Cabanes Sole, A. (2013). Concepto de tintura. *Tecnología Textil*. <https://asolengin.files.wordpress.com/2016/04/procesos-de-tintura-por-agotamiento-e-impregnacion3b3n.pdf>
- Camacho, C. (2007). Coeficiente de correlación lineal de pearson. *Universidad de Sevilla, I.2*, 1–20.
- Chugá, V. (2011). “*Acabado a Base De Microemulsión De Silicona Como Retardante De Fuego En Las Prendas De Vestir*.” Universidad Tecnica del Norte.
- Cls, W. F. O. M. (2015). *Washer extractor*. [www.electrolux.com/laundrsystems](http://www.electrolux.com/laundrsystems)
- Cotton. (2002). Revisión de las causas del amarillamiento en las telas. In *COTTON INCORPORATED* (Issue 919). <https://www.cottoninc.com/>
- Educa, S. (2023). *Sun Work*. Radiación Ultravioleta: Qué Tipos Existen y Cómo Afectan La Salud. <https://www.sunwork.cl/blog/radiacion-ultravioleta-que-tipos-existen-y-como-afectan-la-salud/>
- EPA. (2007). El sol, la radiación ultravioleta y usted. Guía SunWise para la exposición al sol. *Revista de Salud Pública, 9(4)*, 595–601. [www.epa.gov/sunwise](http://www.epa.gov/sunwise)
- García, I. (2019). Investigación exploratoria, descriptiva, explicativa y correlacional.

- Repositorio Institucional de La Universidad Autónoma Del Estado de México*, 32.  
[http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/108148/secme-1623\\_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/108148/secme-1623_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Garnacho, G., Vallejo, R. S., & Moreno, J. C. (2020). Efectos de la radiación solar y actualización en fotoprotección. *Anales de Pediatría*, 92(6), 377.e1-377.e9.  
<https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2020.04.014>
- Garriga, M., Suárez, G., & Cruz, D. (2005). Avances En La Producción De Ácido Cítrico a Partir De Miel Final Por *Aspergillus Niger*. *Revista Cubana de Química*, XVII(1), 171–178.
- Google. (2003). *Ubicacion, Carrera Textiles*. Google Maps.  
<https://www.google.com/maps/place/0°22'45.0%22N+78°07'19.4%22W/@0.3791667,-78.1220556,17z/data=!3m1!4b1!4m4!3m3!8m2!3d0.3791667!4d-78.1220556>
- Gutiérrez-Bouzán, M. C., & Rodríguez-Urioz, R. (2010). Detección de siliconas en tejidos defectuosos mediante espectrofotometría de FTIR. *Boletín Intexter Del Instituto de Investigación Textil y de Cooperación Industrial*, 136, 53–58.
- Henry, J. (2016). Operating manual. *TLS - The Times Literary Supplement*, 5911, 29.  
<https://doi.org/10.4401/ag-3560>
- Instruments, A. (2017). *Diferencia entre Radiómetro, Espectrofotómetro y Espectroradiómetro*. Admin. <https://www.aquatecnica.com/diferencia-entre-radiometro-espectrofotometro-y-espectroradiometro/>
- Ipiates, H. E. (2022). Evaluación de las características antibacteriales en tejido de punto jersey 100% co aplicando un acabado químico textil con nácar. [Universidad Técnica del Norte.]. In *Universidad Técnica del Norte*.  
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/12776>
- ISO 604. (2003). International Standard International Standard. *61010-1* © Iec:2001, 2003, 13.
- ISO, 6330. (2012). Procedimientos de lavado y de secado domésticos para los textiles (ISO 6330:2012 ). In *UNE-E ISO 6330*.
- Laboratorios Eycó. (2022). *No Title*. ¿Qué Es El Índice de Blancura?
- Lavandería, T. (2023). *Causas del amarillamiento en los tejidos*. Tintorería y Lavandería.

<https://www.tintoreriaylavanderia.com/tintoreria/analisis-de-prendas/298-causas-del-amarillamiento-en-los-tejidos.html>

*Lineas de Investigacion UTN.* (2013). Universidad Técnica del Norte. <https://contabilidad.utn.edu.ec/wp-content/uploads/2013/05/Lineas-de-Investigación-UTN.pdf>

Lira Oliver, A., & Guevara Mon, A. B. (2018). Irradiancia y radiancia. *Leias*, 7. [http://leias.fa.unam.mx/wp-content/uploads/2018/07/180515\\_Practica15\\_LES.pdf](http://leias.fa.unam.mx/wp-content/uploads/2018/07/180515_Practica15_LES.pdf)

Luna, G. E. (2018). *Estudio de los efectos de la radiación UV sobre diversos tipos de papel.* Instituto Tecnológico de Toluca. [https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/52/093/52093439.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/52/093/52093439.pdf)

*Manual de instrucciones Foulard Horizontal de laboratorio* (p. 15). (2022). Aparatos de laboratorio MAtthis Ltda. [www.mathis.com.br](http://www.mathis.com.br)

Mathias-Rettig, K., & Ah-Hen, K. (2014). El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Agro Sur*, 42(2), 57–66. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2014.v42n2-07>

Minolta, K. (2020). *Entendiendo El Espacio de Color CIE L\*A\*B\**. Konica Minolta Sensing. [view-source:https://sensing.konicaminolta.us/mx/blog/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lab/](https://sensing.konicaminolta.us/mx/blog/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lab/)

Moraima, M., Ochoa, M., Alvis, M., Savignón, R. O., Tania, M., González Gross, M., Inés, M., & Mela, C. (2010). ARTÍCULO DE REVISIÓN El sol: ¿enemigo de nuestra piel? The sun: enemy of our skin? *Medisan*, 14(6), 825–837.

Morales, N. (2015). Investigación Exploratoria: Tipos, Metodología y Ejemplos. *Lifeder*, 1–9.

Muñoz Villa, A., Sáenz Galindo, A., López López, L., Cantú Sifuentes, L., & Barajas Bermúdez, L. (2014). Ácido cítrico: Compuesto interesante. *Revista Científica de La Universidad Autónoma de Coahuila*, 6(12), 18–23. [posgradoeinvestigacion.uadec.mx/AQM/No.12/4.pdf](http://www.posgradoeinvestigacion.uadec.mx/AQM/No.12/4.pdf)

Narváez, O. M. (2014). *Introducción a la investigación: Guía interactiva.* Univesidad Veracruzana. <https://www.uv.mx/apps/bdh/investigacion/unidad1/investigacion-tipos.html>

Nohlen, D. (2006). El método comparativo. *Ciencia Poítica Comparada: El Enfoque*

*Histórico-Empírico*, 42–57.

- Nortem, B. (2019). Anexo . Escenarios de Exposición Ácido Cítrico. *Nortembio*.  
<https://www.nortembio.nortem.info/wp-content/uploads/2020/04/ES-FDS-ACIDO-CITRICO-ANHIDRO-Ed.1.pdf>
- Paesano, C. (2014). Tejidos De Punto Por Trama. *Escuela Raggio*, 1–1.
- Peñañiel, J. (2018). *Diseño y construcción de un foulard automatizado para desarrollar prácticas de laboratorio*. Universidad Técnica del Norte.
- Peñañiel, S. (2011). *Influencia del suavizado con bases de ácidos grasos en el cambio de matiz en tejidos algodón 100% tinturados con colorantes reactivos de baja reactividad* [Repositorio digital de la Universidad Técnica del Norte].  
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/631>
- Presidencia de la Republica. (1986). Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores. *Decreto Ejecutivo 2393, 41*, 1–71. <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/DECRETO-EJECUTIVO-2393.-REGLAMENTO-DE-SEGURIDAD-Y-SALUD-DE-LOS-TRABAJADORES.pdf>
- Quiminsa. (2019). Ácido Cítrico Anhidro. In *Químicos Industriales Asociados SAS*.  
[www.quiminsa.com](http://www.quiminsa.com)
- Romero, M. (2016). Pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal. *Enfermería Del Trabajo*, 6(3), 105–114. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5633043>
- Ruiz, L. (2010). Investigación experimental. *Monografias.Com*, 1–14.
- Salmentón López, G. (2000). Riesgos de la exposición solar. *Archivos de Pediatría Del Uruguay*, 71(1–4), 56–57.
- Solé, A. (2012). Hilatura del algodón. In *Instituto Tecnológico Textil (AITEX)*.
- Vallejos, A. L. (2019). *Acabado anti-moho usando benzoato de sodio en tela 100 % algodón* [Universidad Técnica del Norte].  
[http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9648/2/04 IT 253 TRABAJO DE GRADO.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9648/2/04_IT_253_TRABAJO_DE_GRADO.pdf)
- X-Rite. (2013). *Color i5*. [www.xrite.com](http://www.xrite.com)

## ANEXOS

### Anexo 1

*Certificado del laboratorio de Calidad Textil de la Carrera CTEX*



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



Ibarra, 28 de junio del 2023

#### CERTIFICADO DE LABORATORIO

Yo, **MSc. Fausto Gualoto**, en calidad de responsable de calidad del laboratorio de procesos textiles de la Carrera de Textiles:

#### CERTIFICO

Que el señor Campos Narváez Jefferson Alejandro, portadora de la cedula de ciudadanía N° 080398086-3, ha realizado ensayos de laboratorio referentes al Trabajo de Titulación, con el tema: **"APLICACIÓN DE ÁCIDO CÍTRICO EN TEJIDO BLANQUEADO JERSEY 100 % ALGODÓN, PARA EVITAR EL AMARILLAMIENTO POR LA EXPOSICIÓN PROLONGADA AL SOL"**, los equipos utilizados en el laboratorio son:

- **ESPECTROFOTÓMETRO DE COLOR (X-RITE) MODELO COLOR 15 - Norma ISO 105 A08** Medición instrumental de la profundidad del color
- **WASCATOR JAMES HEAL MOODELO W3 W365H21-** Norma ISO 6330:2012 Procedimientos de lavado y secado para ensayos textiles.
- **BALANZA ELECTRÓNICA DE PRECISIÓN RADWAG MODELO AS 310.R2**

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

Atentamente:



**MSc. FAUSTO GUALOTO M.**  
**RESPONSABLE DE CALIDAD LABORATORIO DE PROCESOS**  
**TEXTILES – CTEX**

## Anexo 2

## Ficha técnica micro emulsión de silicona Parte 1

	<b>Sarex Chemicals</b> (A Divn. Of Saraf Chemicals Pvt. Ltd.)	501 Waterford, C Wing, C.D.Barfiwala Marg(Juhu Lane), Andher(W),Mumbai 400 058, INDIA
		Phone +91 22 42184218 Fax +91 22 42184350 Email tcmktg@sarex.com URL www.sarex.com
<b>PRODUCT LITERATURE</b>		
<b><u>FABSOFT (CONC)</u></b>		
<b><u>Product Information</u></b>		
<p>Fabsoft (Conc) is an economical, concentrated, new generation polysiloxane softener available in free flowing pourable liquid which can be easily diluted to the desired concentration. Diluted emulsion of Fabsoft (Conc) have very good stability. Fabsoft (Conc) is suitable for all types of substrate. Fabsoft (Conc) is suitable by pad application and by exhaust in garment machine.</p>		
<b><u>Key Features &amp; Benefits</u></b>		
<b>Key Features</b> -----	<b>Benefits</b> -----	
Concentrated	Economical micro emulsion	
Versatile	Applied by padding and by exhaust in garment drum machine	
<b><u>General Characteristics</u></b>		
<p>Physical appearance : Colourless to yellow, transparent to hazy viscous liquid          Ionic nature : Nonionic          pH of 1% solution : 5 +/- 1          Miscibility : Miscible with water.          Compatibility : Compatible with cationic, anionic and nonionic products          Stability : Stable to dilute acids and dilute alkalies</p>		
<b><u>Application</u></b>		
<b>Padding process</b> -----	<b>Exhaust process</b> -----	
Dosage* : 3-8 g/l	Dosage* : 0.3-0.8%	
Pick-up : 65-70%	Bath pH : 5.0-6.0	
Bath pH : 5.0-6.0	Bath Temp.: 30-40 deg.C	
Drying : 130-160 deg.C	Time : 20-30 mins.	
* Dosages recommended are based on the concentrated product's strength		

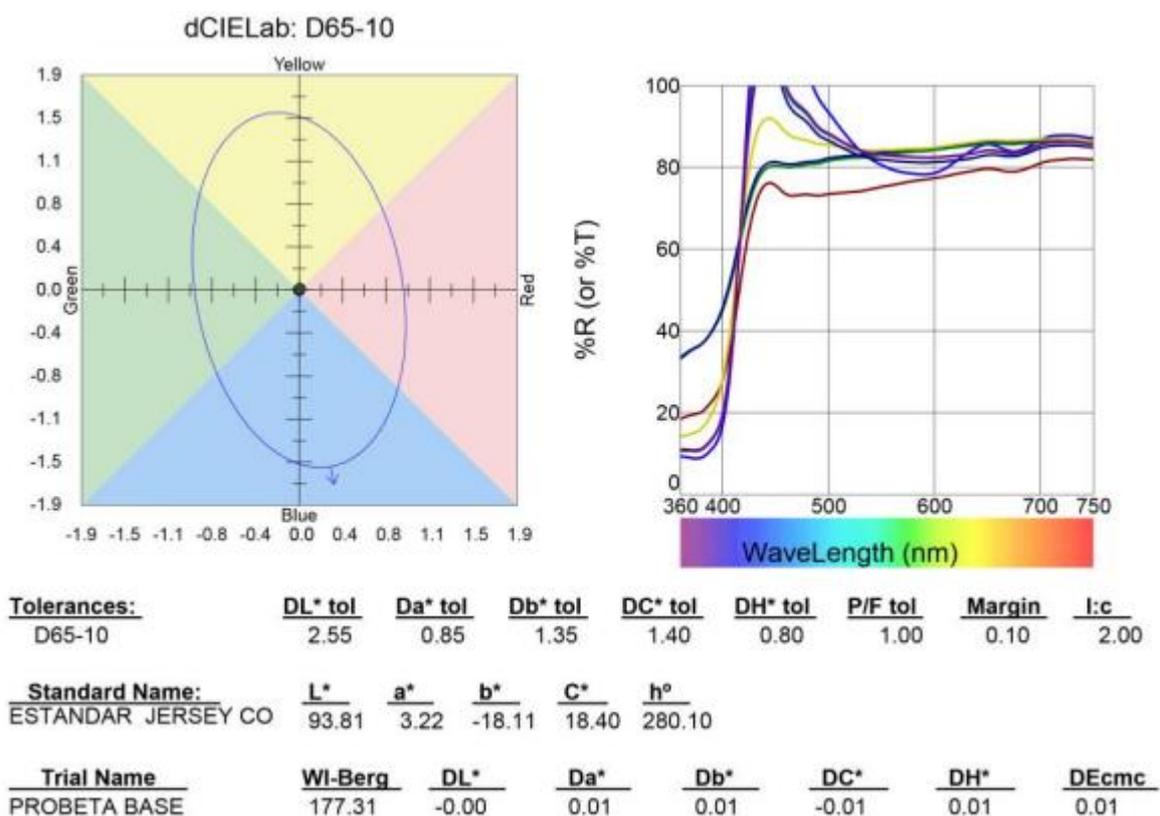
## Anexo 3

## Ficha técnica micro emulsión de silicona Parte 2

	<b>Sarex Chemicals</b> (A Divn. Of Saraf Chemicals Pvt. Ltd.)	501 Waterford, C Wing, C.D.Barfiwala Marg(Juhu Lane), Andher(W),Mumbai 400 058. INDIA
		Phone +91 22 42184218 Fax +91 22 42184350
		Email <a href="mailto:tcrrktg@sarex.com">tcrrktg@sarex.com</a> URL <a href="http://www.sarex.com">www.sarex.com</a>
<b>PRODUCT LITERATURE</b>		
<b><u>FABSOFT (CONC)</u></b>		
Dosages of diluted product to be calculated on the basis of solid content.		
Note:		
----- Fabsoft (Conc) has tendency to turn from colourless to yellow during storage.		
pH of bath should not exceed 6.5 (pH of bath should be acidic)		
<b><u>Instructions For Dilution</u></b>		
Procedure to prepare 20% diluted product of 75% Fabsoft (Conc)		
- Take 70 parts of DM water (25-30 deg.C, pH adjusted to 5-5.5 with acetic acid)		
- To this, gradually add 30 parts of Fabsoft (Conc) under constant stirring at 200-300 rpm using impeller stirrer to obtain homogenous product.		
Preservation: It is recommended to add 0.1% Bronopol (2-Bromo,2-nitropropane, 1,3-diol) or Methyl Paraben (methyl para hydroxy benzoate) as an antimicrobial agent to avoid fungal / microbial growth.		
Note: Avoid high speed stirring		
It is advisable to utilize the diluted product within 2 months. Stir well before use.		
<b><u>Precautions</u></b>		
Storage	: Store in cool, ventilated shed away from heat and direct sunlight. Storage temperature should not exceed 35 deg C. Close lids firmly to avoid contact with air and moisture.	
Shelf Life	: 9 months from the date of manufacturing, if stored under controlled conditions.	
[The above information is given in good faith and is without warranty] [ Prod.Code : LS0464E.docx] Last Upd. On 06/03/2020] [MOL]		

## Anexo 4

*Grados Berger, coordenadas Cielab de probeta estándar o base ,*



## Anexo 5

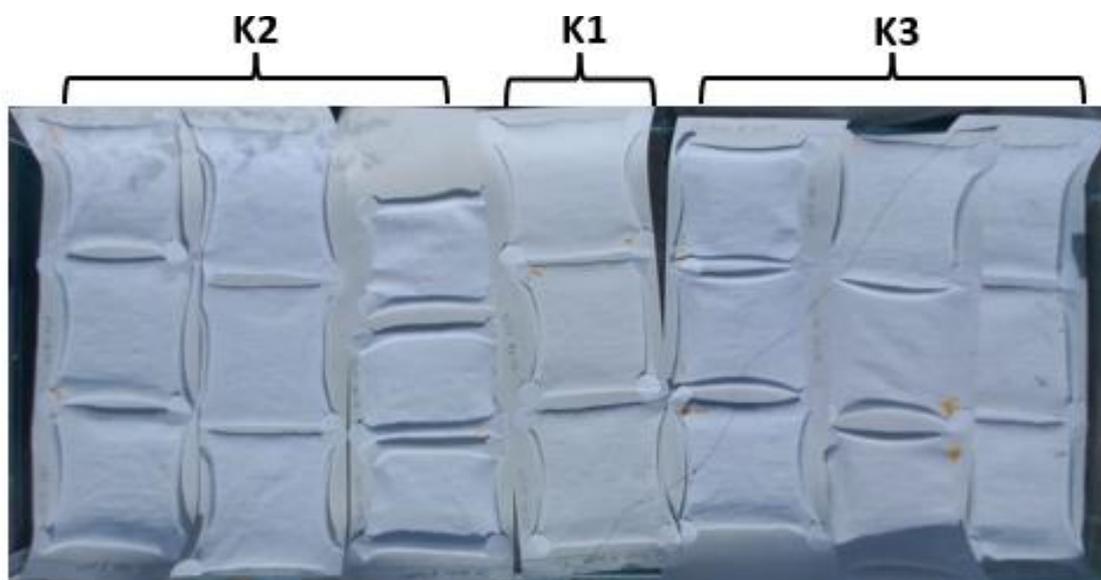
*Diferencia de temperatura en la cámara de cristal*



**Anexo 6**

*Exposición de probetas al sol, Carrera de Textiles.*



**Anexo 7***Humedad relativa en la cámara de cristal***Anexo 8***60 horas de exposición prolongada al sol sobre las probetas de algodón*

**Anexo 9**

*120 horas de exposición prolongada al sol sobre las probetas de algodón*

