



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

### **CARRERA DE TEXTILES**

#### **TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA TEXTIL**

##### **TEMA:**

**“APLICACIÓN DE NITRATO DE PLATA EN TEJIDO JERSEY 100%  
ALGODÓN PARA CONFERIR PROPIEDADES ANTIBACTERIANAS”**

##### **AUTOR (A):**

Jara Quiñonez Carmen Elizabeth

##### **DIRECTOR:**

MSc. Elvis Raúl Ramírez Encalada

**IBARRA-ECUADOR**

**2023**



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	100402915-1		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Jara Quiñonez Carmen Elizabeth		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Los Nogales- San Antonio- Ibarra		
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:cejaraq@utn.edu.ec">cejaraq@utn.edu.ec</a>		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	(06) 3016 700	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0959849360

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	“Aplicación de nitrato de plata en tejido jersey 100% algodón para conferir propiedades antibacterianas”
<b>AUTOR (ES):</b>	Jara Quiñonez Carmen Elizabeth
<b>FECHA: DD/MM/AAAA</b>	06/05/2023
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
<b>TITULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniera Textil
<b>ASESOR /DIRECTOR:</b>	MSc. Ramírez Encalada Elvis Raúl

## 2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que 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 06 días del mes de mayo de 2023

### EL AUTOR:

Firma:  .....

Nombre: Jara Quiñonez Carmen Elizabeth



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**  
**CARRERA DE TEXTILES**

**CERTIFICACIÓN DEL ASESOR**

En mi calidad de director del Trabajo de Grado presentado por la egresada, Jara Quiñonez Carmen Elizabeth para optar por el título de **INGENIERA TEXTIL**, cuyo tema es **“APLICACIÓN DE NITRATO DE PLATA EN TEJIDO JERSEY 100% ALGODÓN PARA CONFERIR PROPIEDADES ANTIBACTERIANAS”**, considero que el presente trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los opositores que se designe.

En la ciudad de Ibarra, 06 de mayo del 2023

MSc. Elvis Raúl Ramírez Encalada

**DIRECTOR DE TESIS**

## **AGRADECIMIENTO**

*El presente trabajo se lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme la fuerza para continuar hasta el fin con este proceso y lograr obtener cada uno de mis anhelos, porque sin su bendición nada de esto hubiera sido posible. También quiero agradecer a mis padres, María Minda y Álvaro Jara, por su cariño, paciencia, consejos y por su gran apoyo que me brindaron en toda esta etapa universitaria.*

*De igual manera quiero agradecer a mi esposo que supo estar conmigo en los momentos más difíciles, por su apoyo incondicional y por brindarme ese empujoncito para seguir adelante, como también a mi hijo, ya que él es mi motor de fuerza y mi mayor motivación que con sus palabras de aliento cada día hizo que cumpla todo lo que me proponga.*

*A mis hermanos, quienes aun siendo menores que mí, me apoyaron emocionalmente e incentivaron a que cada día sea más fuerte y logre todo lo que me plantee.*

*A mis amigas/os, principalmente a Mallury Piñán, Lilian Quilo y Lesly Maldonado, quienes estuvieron para mí en toda esta vida académica, siendo ese soporte emocional, quienes no permitieron que dejará de estudiar, mil gracias.*

*Agradezco también al MSc. Elvis Ramírez, por ser mi director de tesis, quién con paciencia y preocupación fue un apoyo incondicional en el desarrollo de este proyecto, de igual manera al MSc. Willam Esparza y MSc. Omar Godoy, por ser una guía en el desarrollo de este.*

*Sin duda quiero agradecer a la gloriosa Universidad Técnica del Norte y a cada uno de los docentes que compartieron sus conocimientos y valores en mi formación personal y profesional, muchas gracias a todos.*

***Carmen Elizabeth Jara Quiñonez***

## **DEDICATORIA**

*Con amor incondicional, este trabajo quiero dedicar a Dios por todas las bendiciones recibidas, a mi madre por ser el pilar fundamental en mi vida, mi padre, abuelitos, hermanos, esposo, hijo quienes han sido mi fuerza, apoyo incondicional y sobre todo mi guía para seguir adelante y cumplir mis metas.*

*De igual manera quiero dedicar este proyecto a mis amigas, amigos y familiares, quienes con sus palabras de aliento, mensajes y consejos supieron ser un gran apoyo en esta etapa universitaria.*

*Carmen Elizabeth Jara Quiñonez*

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CERTIFICACIÓN DEL ASESOR.....</b>	<b>IV</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>V</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS.....</b>	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>XI</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>XII</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS .....</b>	<b>XIII</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XIV</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XVI</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Descripción del tema.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Antecedentes.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3. Importancia del estudio.....</b>	<b>2</b>
<b>1.4. Objetivo general.....</b>	<b>3</b>
<b>1.5. Objetivos específicos .....</b>	<b>3</b>
<b>1.6. Características del sitio del proyecto.....</b>	<b>4</b>

<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>5</b>
<b>2. ESTADO DEL ARTE.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1. Estudios previos. ....</b>	<b>5</b>
2.1.1. Acabado Antibacteriano en tejidos .....	5
2.1.2. Algodón y sus propiedades .....	6
2.1.3. Bacterias en el sudor .....	7
2.1.4. Bacterias en textiles .....	7
2.1.5. Aplicación de nitrato de plata .....	8
2.1.6. Ligante usado en acabados textiles .....	8
2.1.7. Tejido de punto .....	9
2.1.8. Proceso de Acabado .....	10
2.1.9. Proceso de Agotamiento .....	10
<b>2.2. Marco legal .....</b>	<b>11</b>
2.2.1. Constitución de la República del Ecuador .....	11
2.2.2. Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte.....	12
2.2.3. Tulsma.....	12
<b>2.3. Marco Conceptual.....</b>	<b>12</b>
2.3.1. Acabado antibacteriano.....	12
2.3.2. Algodón.....	12
2.3.3. Tejido de punto jersey.....	13
2.3.4. Bacterias.....	13
2.3.5. Nitrato de plata.....	13
2.3.6. Ligante .....	13
2.3.7. Proceso de agotamiento .....	13
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>15</b>
<b>3. METODOLOGÍA.....</b>	<b>15</b>
<b>3.1. Tipo de investigación .....</b>	<b>15</b>
3.1.1. Investigación hipotética .....	15
3.1.2. Investigación analítica .....	16



3.1.3. Investigación experimental .....	16
3.1.4. Investigación comparativa .....	16
<b>3.2. Normas a aplicar .....</b>	<b>17</b>
3.2.1. Determinación VOC .....	17
3.2.2. Solidez al lavado – ISO 6330:2012 .....	17
<b>3.3. Flujogramas.....</b>	<b>18</b>
3.3.1. Flujograma general de proceso de acabado antibacteriano.....	18
3.3.2. Flujograma muestral .....	19
<b>3.4. Proceso para aplicar: Agotamiento .....</b>	<b>20</b>
<b>3.5. Instrumentos y equipos.....</b>	<b>20</b>
3.5.1. Equipo IR DYER .....	20
3.5.2. Air Quality Detector (Medidor de VOC).....	21
3.5.3. Wascator .....	22
<b>3.6. Materiales y productos de aplicación.....</b>	<b>23</b>
3.6.1. Materiales.....	23
3.6.2. Productos de aplicación .....	23
<b>3.7. Parámetros de aplicación .....</b>	<b>26</b>
3.7.1. pH de solución .....	26
3.7.2. Volumen del baño .....	27
3.7.3. Temperatura .....	27
<b>3.8. Curvas de procesos .....</b>	<b>27</b>
3.8.1. Recetas .....	28
<b>3.9. Pruebas de laboratorio .....</b>	<b>30</b>
3.9.1. Prueba de medición de los VOC.....	30
3.9.2. Prueba de solidez al lavado.....	32
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>34</b>
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>34</b>

<b>4.1. Resultados</b> .....	<b>34</b>
4.1.1. Resultado de la prueba de medición de VOC .....	34
4.1.2. Resultado de solidez al lavado .....	36
4.1.3. Tabla general de resultados de VOC y solidez al lavado.....	37
<b>4.2. Discusión de resultados</b> .....	<b>37</b>
4.2.1. Análisis de varianza .....	37
4.2.2. Normalidad de datos .....	38
4.2.3. Análisis e interpretación de resultados .....	39
4.2.3.1. Análisis de resultado de prueba de VOC .....	39
4.2.3.2. Análisis de resultado de prueba de solidez al lavado .....	42
4.2.3.3. Análisis comparativo de prueba de VOC y solidez al lavado .....	45
<b>CAPÍTULO V</b> .....	<b>49</b>
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>49</b>
5.1. Conclusiones .....	49
5.2. Recomendaciones .....	50
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	<b>52</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>57</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Rangos de presencia de VOC.....	21
<b>Tabla 2</b>	Datos técnicos tejido de punto. ....	23
<b>Tabla 3</b>	Receta con nitrato de plata al 1% .....	28
<b>Tabla 4</b>	Receta con nitrato de plata al 10% .....	29
<b>Tabla 5</b>	Receta con nitrato de plata al 20% .....	29
<b>Tabla 6</b>	Datos de emisión de VOC en muestras.....	32
<b>Tabla 7</b>	Datos de emisión de VOC en muestras después del lavado.....	33
<b>Tabla 8</b>	Datos obtenidos mediante la prueba de medición de los VOC.....	35
<b>Tabla 9</b>	Datos de la prueba de VOC.....	35
<b>Tabla 10</b>	Resultados de la prueba de Lavado, después de la contaminación .....	36
<b>Tabla 11</b>	Resultados Generales del VOC y Solidez al lavado .....	37

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Ubicación geográfica del Laboratorio Textil.....	4
<b>Figura 2</b>	Diseño general del proceso .....	18
<b>Figura 3</b>	Diseño muestral del proceso .....	19
<b>Figura 4</b>	Equipo IR DYER.....	21
<b>Figura 5</b>	Air Quality Detector .....	22
<b>Figura 6</b>	Wascator .....	22
<b>Figura 7</b>	Producto ionizante .....	24
<b>Figura 8</b>	Nitrato de plata .....	24
<b>Figura 9</b>	NOVAFIX TN CONC.....	25
<b>Figura 10</b>	NOVAPRINT FSH.....	25
<b>Figura 11</b>	Detergente.....	26
<b>Figura 12</b>	Curva de proceso para el acabado .....	28
<b>Figura 13</b>	Colocación de las muestras con nitrato de plata a la camiseta .....	30
<b>Figura 14</b>	Reposo de las muestras contaminadas.....	31
<b>Figura 15</b>	Medición de las muestras .....	31
<b>Figura 16</b>	Secado de las muestras .....	33
<b>Figura 17</b>	Análisis de la varianza de la prueba de emisión de VOC.....	38
<b>Figura 18</b>	Normalidad de datos de la prueba de emisión de VOC.....	39
<b>Figura 19</b>	Gráfica Graph (Line+points) del resultado de prueba de VOC.....	40
<b>Figura 20</b>	Gráfica Matrix plot del resultado de prueba de VOC.....	41
<b>Figura 21</b>	Gráfica Box plot del resultado de prueba de VOC .....	42
<b>Figura 22</b>	Gráfica Graph (Line+points) del resultado de prueba de VOC después del lavado .....	43
<b>Figura 23</b>	Gáfica Matrix plot del resultado de la prueba de VOC después del lavado.....	44
<b>Figura 24</b>	Gráfica Box plot del resultado de prueba de VOC después del lavado.....	45
<b>Figura 25</b>	Gráfica Graph (Line+points) de la comparación de muestra antes y después del lavado .....	46
<b>Figura 26</b>	Gráfica Matrix plot de la comparación de muestra antes y después del lavado .....	47
<b>Figura 27</b>	Gráfica Box plot de la comparación de muestra antes y después del lavado ...	48

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b>	Ficha de seguridad del nitrato de plata.....	57
<b>Anexo 2</b>	Ficha Técnica del ligante.....	59
<b>Anexo 3</b>	Aplicación de nitrato de plata.....	61
<b>Anexo 4</b>	Medición de emisión de VOC.....	62
<b>Anexo 5</b>	Prueba de solidez al lavado.....	62
<b>Anexo 6</b>	Certificado de Laboratorio.....	64

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación está enfocado en la obtención de un acabado antibacteriano en un tejido jersey 100% algodón, mediante la aplicación de nitrato de plata en diferentes concentraciones. Para llevar a cabo este proyecto, se realizó la respectiva investigación y recopilación de información con la finalidad de ejecutar la parte práctica.

En este proyecto se aplicó el nitrato de plata mediante el método de agotamiento, utilizando diferentes concentraciones (1%, 10% y 20%), para posterior en el siguiente baño añadir el ligante en cada muestra con una concentración de 3g/L con un pH de 7,5 siendo este alcalino subiendo la temperatura con una gradiente de 2°C/min a 60°C por 10 minutos, consiguiendo de esta manera que el acabado quede adherido al tejido, los mismos que fueron sometidos a ensayos de emisión de VOC (compuestos orgánicos volátiles) y posterior a una prueba de solidez al lavado realizados en los laboratorios físico-químico de la Carrera de Textiles de la Universidad Técnica del Norte.

Después de realizar la aplicación, las muestras pasaron por un proceso de contaminación y 48 horas de reposo para lograr que las bacterias causantes del mal olor proliferen, se procedió a la medición con el equipo medidor de compuestos orgánicos volátiles con lo cual se determinó que las muestras con aplicación de nitrato de plata inhiben el crecimiento de bacterias; a su vez se comprobó que a mayor cantidad de nitrato de plata mejor características antibacterianas adquirió el tejido. Posterior se realizó la prueba de lavado 3N, para confirmar que es un acabado permanente, lo cual se confirmó por los siguientes datos registrados, antes del lavado la (M1) sin acabado emitió un valor de 2,454 ppm de VOC en comparación la (M4) que mostró mayor inhibición hacia las bacterias logrando obtener una cantidad limitada de VOC con 0,130 ppm, mientras que después del lavado la (M1) emitió 2,437 ppm de VOC y la (M4) arrojó un valor 0,131 ppm de VOC de igual manera posicionándose en el rango de “Cantidad limitada de VOC”, logrando reducir el crecimiento de bacterias en un 95% en consideración de la M1 que es la que no contiene adicionado el acabado, por lo tanto, los valores numéricos registrados fueron satisfactorios.

Los resultados obtenidos en el ensayo de medición de VOC y solidez al lavado, fueron tabulados con ayuda del software estadístico PAST 4, que permitió realizar el respectivo análisis de resultados, la normalidad de datos y el análisis de la varianza, con lo que se pudo obtener gráficos estadísticos que al ser interpretados permitieron analizar de mejor manera los resultados finales, logrando determinar que en la muestra sin acabado existe la crecimiento

bacteriano ya que se obtuvo valores de 2,454 ppm de VOC, caso contrario a las que a mayor adición de nitrato de plata mayor inhibición bacteriana se observó, ya que en la (M4) se obtuvo 0,130 ppm de VOC, por lo tanto la receta tres fue la óptima en la aplicación.

Finalmente, se demostró que el nitrato de plata inhibe el crecimiento de bacterias causantes del mal olor en textiles, ya que con los valores obtenidos se determina el buen funcionamiento del acabado.

**Palabras claves:** Nitrato de plata, tejido jersey, acabado antibacteriano, proceso de agotamiento, VOC.

## ABSTRACT

This research work focused on obtaining an antibacterial finish on a 100% cotton jersey fabric by applying silver nitrate in different concentrations. In order to carry out this project, the respective research and compilation of information were carried out with the aim of executing the practical part.

Silver nitrate was applied using the exhaustion method, using different concentrations (1%, 10%, and 20%), and then in the following bath, the binder was added to each sample with a concentration of 3g/L with a pH of 7.5 being alkaline, raising the temperature with a gradient of 2°C/min to 60°C for 10 minutes. The samples were subjected to VOC (volatile organic compound) emission tests and then to a washing fastness test carried out in the physicochemical laboratories of the Textiles Major at Técnica del Norte University.

After the application, the samples underwent a contamination process and a 48-hour rest to allow the bacteria causing the bad smell to proliferate. The measurement of volatile organic compounds was carried out with the measuring equipment, which determined that the samples with the application of silver nitrate inhibited the growth of bacteria; it was also verified that the greater the amount of silver nitrate, the better the antibacterial characteristics acquired by the fabric. Subsequently, the 3N washing test was carried out to confirm that it is a permanent finish, which was confirmed by the following data recorded: before washing, the (M1) without finish emitted a value of 2.454 ppm of VOC in comparison with (M4), which showed greater inhibition towards bacteria, achieving a limited amount of VOC with 0.130 ppm, while after washing (M1) emitted 2.437 ppm of VOC and (M4) showed a value of 0.131 ppm of VOC in the same way, positioning itself in the range of "limited quantity of VOC", managing to reduce the growth of bacteria by 95% in consideration of M1, which is the one that does not contain the finish added; therefore, the numerical values recorded were satisfactory.

The results obtained in the VOC and wash fastness measurement test were tabulated with the statistical software PAST 4, which allowed the respective analysis of results, the normality of data, and the analysis of variance, with which it was possible to obtain statistical graphs that, when interpreted, allowed a better analysis of the final results. It was possible to determine that in the unfinished sample, there was bacterial growth since



values of 2.454 ppm of VOC were obtained; the opposite case to those in which the greater the addition of silver nitrate, the greater the bacterial inhibition observed, since (M4) 0.130 ppm of VOC were obtained; therefore, the third recipe was the optimum in the application.

Finally, it was demonstrated that silver nitrate inhibits the growth of odor-causing bacteria in textiles, as the values obtained determined the good finish performance.

**Keywords:** silver nitrate, jersey fabric, antibacterial finish, exhaustion process, VOC.

LUIS  
ALFONSO  
PASPUEZAN  
SOTO



Firmado  
digitalmente por  
LUIS ALFONSO  
PASPUEZAN SOTO  
Fecha: 2023.04.24  
12:07:14 -05'00'

Reviewed by:

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Descripción del tema

El objetivo principal de este estudio es determinar las propiedades antibacterianas que va a adquirir un tejido jersey 100% algodón, mediante la aplicación de nitrato de plata logrando adherirlo al tejido con ayuda de un ligante, consiguiendo así que el sustrato inhiba el crecimiento de los microorganismos causantes del mal olor. Así menciona Rojas et al. (2015), mediante la adición de nanopartículas de plata a un tejido de algodón este le va a conferir propiedades antibacterianas, es decir, la plata es un agente antibacteriano por el simple hecho de ser un metal. Por ende, el uso de la plata y sus derivados por su notable propiedad tienen una gran aceptación, es aquí donde se optó por la utilización de nitrato de plata ya que contiene un 64% de plata, por lo tanto, este producto controla el crecimiento y proliferación de diferentes tipos de microorganismos (Naseer et al., 2021).

Con este proyecto se buscó disminuir la proliferación de bacterias en textiles ya que estas son portadoras de dichos microorganismos, que ocasionan mal olor, moho hasta inclusive hongos en las telas o prendas a ser utilizadas. Por tal motivo se identifica que los productos textiles son fuentes potenciales de propagación de infecciones e irritaciones a la piel, no obstante se pretendió el uso de este acabado en los tejidos jersey algodón 100% con el fin de analizar las características antibacterianas que le va a otorgar. La aplicación de productos antibacterianos en la industria textil ha ido creciendo día tras día, ya que buscan contrarrestar la proliferación de estos microorganismos en las prendas de uso diario (Mangua, 2019).

Por tal motivo se empleó este estudio, con el fin de determinar la eficacia de dicho acabado, para después determinar su permanencia en el sustrato al realizarle el ensayo de solidez al lavado mediante la norma ISO 6330. Finalmente se analizó los diferentes resultados emitidos a partir de las diferentes concentraciones del acabado, para lo cual se usó un programa

estadístico que permitió determinar la concentración de nitrato de plata más apropiada para ser aplicada en el tejido.

## **1.2. Antecedentes**

El algodón es una fibra natural, misma que tiene propiedades inherentes, una de ellas es proveer soporte para el crecimiento de bacterias. El desarrollo de estas, causan infecciones e irritaciones a la piel y el aumento de malos olores en las prendas al momento de tener contacto con el cuerpo humano; además estos microorganismos pueden ocasionar manchas en los tejidos y la pérdida de ciertas propiedades de estos; es por ello que se pretende dar un acabado al tejido para que esta inhiba el crecimiento de las bacterias y microorganismos (Ungureanu et al., 2015).

La plata es considerada un excelente agente antibacteriano debido a las limitaciones en el uso de antibióticos y la resistencia bacteriana que posee. El uso de la plata en cuanto a esta notable propiedad ha recibido una amplia aceptación por el hecho de que esta controla el crecimiento y proliferación de diferentes tipos de microorganismos, ya que considerando sus compuestos estos son agentes antibacterianos no tóxicos, inorgánicos y eficientes al ser aplicados en textiles (Naseer et al., 2021).

Por tal motivo al dar a la tela de algodón un acabado con carácter antibacteriano mediante la aplicación de nitrato de plata este otorga consigo propiedades antibacterianas a las prendas. Por lo tanto, los acabados antibacterianos deben ser aplicados de forma eficiente con el fin de obtener un rendimiento adecuado. Por consiguiente, es necesario experimentar las nuevas funciones higiénicas de productos textiles y de consumo antibacterianos de acuerdo con sus diversas aplicaciones y optimizar productos para sus tareas higiénicas específicas. Llevando a cabo a producirse algo significativo en prendas textiles, que sirvan no solo para un fin común, sino que a la vez proporcione una estabilidad y seguridad al ser utilizadas (Betancur et al., 2016).

## **1.3. Importancia del estudio**

Durante mucho tiempo se ha visto la necesidad de eliminar el mal olor y el moho que se pueden formar en los tejidos; cabe mencionar que el tejido de algodón al estar conformado por fibras naturales tiene mayor susceptibilidad a ser atacada por microorganismos, lo cual desencadena su proliferación y debido al contacto del cuerpo humano con esta tela, puede causar la transferencia de enfermedades, infecciones e inclusive el mal olor corporal ocasionado por la transpiración (Rojas et al., 2015).

En la actualidad las exigencias de los consumidores se han direccionado en aumento, por lo cual se ha optado por el desarrollo de acabados que aporten a las telas o prendas un desempeño con cualidades especiales. Las características tecnológicas de valor agregado sería la adición de nitrato de plata otorgando consigo propiedades antibacterianas a las prendas. Por lo tanto, la presencia de un agente antibacteriano no es solo una barrera física, sino también una barrera química contra la acción de agentes biológicos indeseables, porque en general, el simple lavado de tejidos no es suficiente para eliminar estos microorganismos, con solo una reducción de estos, y los sobrevivientes se multiplican rápidamente con cada nuevo uso (Popiolski et al., 2021).

Por tal motivo esta investigación se la realiza con el fin de obtener un tejido que tenga la adición de un acabado que le permita eliminar el mal olor, la reproducción de bacterias, utilizando el nitrato de plata como un agente antibacteriano. El presente acabado se realiza con la aplicación de nitrato de plata en un tejido mediante el proceso de agotamiento, buscando de esta manera inhibir de mejor manera la proliferación de bacterias, las mismas que son las causantes del mal olor.

#### **1.4. Objetivo general**

- Aplicar nitrato de plata en un tejido jersey 100% algodón para conferir propiedades antibacterianas, mediante el método de agotamiento.

#### **1.5. Objetivos específicos**

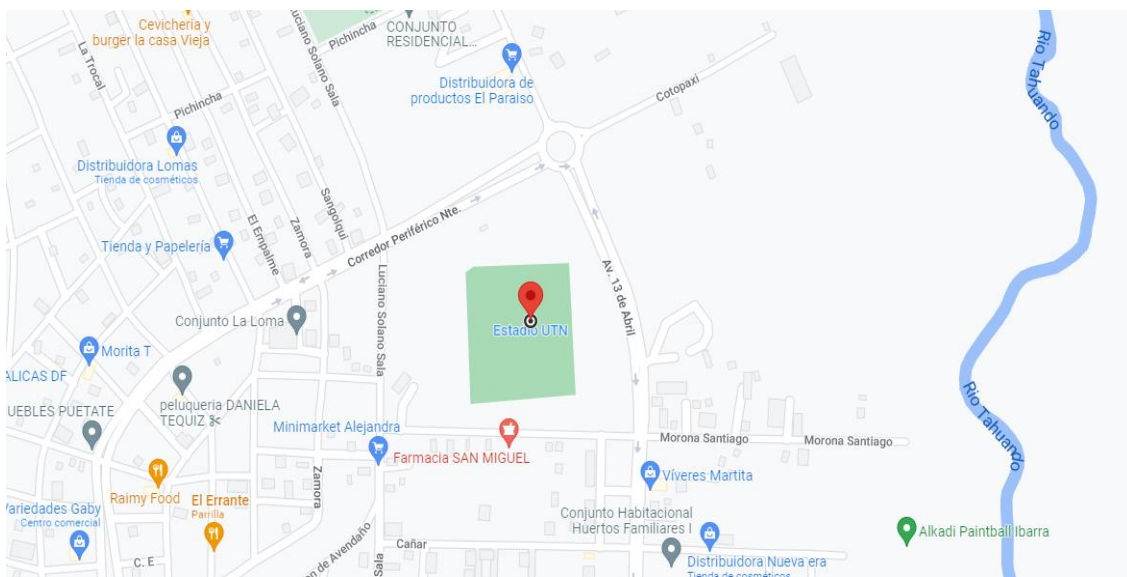
- Recopilar documentación bibliográfica confiable acerca de la utilización del nitrato de plata en un tejido de punto 100% algodón para la adquisición de un acabado antibacteriano.
- Realizar la aplicación de nitrato de plata con un ligante en tejido jersey 100% algodón a diferentes concentraciones mediante el método de agotamiento.
- Efectuar la medición de la cantidad de ppm de los compuestos orgánicos volátiles (VOC) usando un medidor de calidad del aire en interiores.
- Interpretar los datos de los resultados obtenidos utilizando software estadístico que ayudará en la demostración de la viabilidad del acabado antibacteriano con nitrato de plata.

## 1.6. Características del sitio del proyecto

El presente estudio se desarrolló en la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura, en los laboratorios de la Carrera de Textiles perteneciente a la Universidad Técnica del Norte, en donde se puede encontrar máquinas y equipos estandarizados de alta tecnología los cuales son de gran apoyo para la realización de los diferentes ensayos, la ubicación representada en la **Figura 1**, la cual se encuentra situada en el barrio Azaya, calle Morona Santiago y Luciano Solano Sala.

**Figura 1**

Ubicación geográfica del Laboratorio Textil



**Nota:** La figura muestra la ubicación de los laboratorios de la Carrera de Textiles (procesos físicos y químicos CTEX-UTN). Fuente: (Google maps, 2022).

## **CAPÍTULO II**

### **2. ESTADO DEL ARTE.**

#### **2.1. Estudios previos.**

En este capítulo se da a conocer la información recopilada en fuentes bibliográficas acerca de estudios previos, marco legal y marco conceptual, las mismas que van a ser un apoyo en el desarrollo del presente proyecto de investigación.

##### **2.1.1. Acabado Antibacteriano en tejidos**

Los acabados en textiles se han convertido en exigencias por parte de los consumidores, por ende, han ido en aumento, a partir de estos requerimientos, se opta por el desarrollo de acabados que aporten a los tejidos, telas o prendas un desempeño con cualidades especiales. Las características adicionales como la aplicación de agentes antibacterianos, crea una barrera química contra la acción de agentes biológicos indeseables, ya que estos con un simple lavado no se van a eliminar, solo provocaría una reducción de estos, consiguiendo que los que se hayan quedado se vuelvan a multiplicar con cada nuevo uso.

Los acabados antibacterianos deben ser aplicados de forma eficiente con el fin de obtener un rendimiento adecuado. Por consiguiente, es necesario experimentar las nuevas funciones higiénicas de productos textiles, de consumo antibacterianos de acuerdo con sus diversas aplicaciones y optimizar productos para sus tareas higiénicas específicas. Llevando a cabo a producirse algo significativo en prendas textiles, que sirvan no solo para un fin común, sino que a la vez proporcione una estabilidad y seguridad al ser utilizadas (Betancur et al., 2016).

Así se puede referir a las propiedades antibacterianas del grafeno, ya que estudios recientes muestran los efectos bactericidas en el tratamiento sostenible de aguas de próxima generación, esto se consigue mediante la desinfección que realiza este material. La gran familia del grafeno

en los últimos 10 años se han determinado las diferentes aplicaciones de este compuesto que además de la desinfección de aguas, otorga propiedades antibacterianas (Omran & Baek, 2022).

El TiO<sub>2</sub> (dióxido de titanio) contiene propiedades fotocatalíticas, por tal motivo son muy utilizadas en la fabricación de productos antisépticos y antibacterianos, porque producen la degradación de partículas microscópicas.

Según Jaguaco (2018) menciona que:

El mecanismo de degradación de contaminantes depende de la actividad fotocatalítica del TiO<sub>2</sub> y la misma se puede establecer mediante la cantidad de planos cristalinos expuestos en la superficie del óxido. Si la superficie tiene la mayor cantidad de átomos de titanio la reactividad es mayor que la de los átomos internos (p. 35).

Además, Moya et al. (2020) mencionan que realizaron estudios para observar la actividad bactericida que poseen dos derivados de la plata como son: el diaminofluoruro de plata y el nitrato de plata, los mismos que al ser utilizados para evitar el crecimiento de bacterias fueron muy eficientes. Por tal motivo, todos los derivados de la plata poseen estas características antibacterianas por el simple hecho de ser aleaciones de un metal (párr. 1).

Estos acabados se lo realizan para delimitar la proliferación de las bacterias ya que estas son las causantes del mal olor y el desarrollo de esto en los productos textiles, por lo tanto, en la actualidad se busca los productos apropiados para reducir el incremento de estos organismos microscópicos, ya mencionados con anterioridad como son: el grafeno, el dióxido de titanio y el nitrato de plata que va a ser usado para eliminar dicha proliferación en algodón 100%.

### **2.1.2. Algodón y sus propiedades**

El algodón es un tejido de origen natural que posee características como: transpirabilidad, que permite que el aire fluya libremente, los tejidos fabricados con algodón absorben sudor y permiten que la piel respire. Al contar con esta propiedad las telas elaboradas de algodón pueden absorber hasta 27 veces más de su peso en agua, consiguiendo así que las prendas hechas con algodón sean más apropiadas para una persona que suede mucho.

Además, se puede mencionar que el algodón es hipoalergénico, ya que este es dermatológicamente comprobado, por tal motivo ayuda a prevenir riesgos en la piel como: irritaciones, alergias, infecciones, entre otros. Por ende, los productos textiles elaborados con

algodón son los más recomendados a la hora de confeccionar las prendas para el consumidor (Visarrea, 2018).

Los tejidos de algodón al estar conformados por fibras naturales tienen mayor susceptibilidad a ser atacados por microorganismos, lo cual desencadena su proliferación y debido al contacto del cuerpo humano con esta tela, puede causar la transferencia de enfermedades, infecciones e inclusive el mal olor corporal ocasionado por la transpiración (Rojas et al., 2015).

Por tal motivo, las adiciones de agentes antibacterianos en los tejidos de algodón son de mucha importancia ya que, por su propiedad de absorción y transpirabilidad, este va a provocar la propagación de bacterias en los mismo provocando que las personas sean más susceptibles a la adquisición de enfermedades a la piel.

### **2.1.3. Bacterias en el sudor**

La sudoración puede ocurrir cuando las personas practican algún tipo de ejercicio, cuando existen elevadas temperaturas ambientales hasta inclusive si se encuentran en un estado de nerviosismo, ansiedad o estrés; está sudoración trae consigo el crecimiento y proliferación de bacterias las mismas que se adhieren a las prendas textiles, ya que estos cuentan con una estructura y capacidad de retención de humedad (IVAMI, 2015).

El desarrollo de las bacterias en las prendas de vestir causa mal olor, cambio de coloración, deterioro de los tejidos y a su vez en las personas pueden ocasionar irritación física, procesos alérgicos o infecciones cutáneas.

Las personas al mantenerse en continuo movimiento al realizar alguna actividad, da paso a la transpiración, la misma que trae consigo bacterias como: *Escherichia Coli*, *Staphylococcus Aureus*, *Proteus Marabilis* (Tituaña, 2018).

### **2.1.4. Bacterias en textiles**

Las personas al estar en contacto con los microorganismos y el ambiente crean una zona apta para el crecimiento de bacterias en la piel y, por ende, transmitirlos a las prendas de vestir.

La transferencia de estos microorganismos patógenos desde la piel humana a la vestimenta ocurre siguiendo fases: adherencia, crecimiento y daño a la prenda, el crecimiento de las bacterias se da por la secreción de las glándulas sudoríparas.

Las bacterias que se pueden encontrarse en las vestimentas son:



- Escherichia Coli (ropa deportiva y lencería de hospital)
- Staphylococcus (ropa de trabajo y deportiva)
- Proteus Marabilis (ropa deportiva)

Las bacterias Staphylococcus atacan a tejidos de algodón y sintéticas, estos microorganismos pueden ocasionar en los tejidos mal olor y cambio de color en las mismas.

### **2.1.5. Aplicación de nitrato de plata**

Según Balvín et al. (2020) mencionan que:

Realizaron la aplicación de nitrato de plata en fibra de nylon con adición de polisiloxano y alcohol polivinílico (PVA) como estabilizador. Posterior a eso realizaron una prueba antibacteriana del compuesto por el método de unidades formadoras de colonias (UFC). Las nanopartículas de plata mostraron propiedades antibacterianas para las bacterias *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*. En estas pruebas antibacterianas se demostró que la concentración de polisiloxano al 2 % y el tiempo de deposición de 5 minutos dieron la estabilidad del antibacteriano con el tratamiento de varias veces de lavado (párr. 1).

Talavera et al. (2018) mencionan que mediante el uso del nitrato de plata se puede realizar un tratamiento de aguas para consumo, ya que mediante la aplicación de este producto en filtros se eliminó bacterias y aniones que se encontraban en el agua, logrando consigo mejorar y asegurar la calidad de la misma, se dio este uso en lugares que no cuentan con ningún tratamiento, por lo tanto, el nitrato de plata es un excelente agente antibacteriano (párr. 1).

### **2.1.6. Ligante usado en acabados textiles**

Un ligante ayuda a anclar y retener el producto que se va a añadir al textil en este caso el nitrato de plata, logrando que este quede ligado de manera permanente, ya que el ligante al ser un átomo dona uno o más electrones a través de un enlace covalente, por lo tanto, mejora el ingreso del producto y lo sella, evitando de esta manera que el acabado sólo dure una lavada.

Con base a Rojas et al. (2017) detallan, que mediante la aplicación de un ligante se mejoró la absorción de nanopartículas de plata en un tejido de algodón, este proceso se lo realizó por el método de impregnación a partir de esto se desarrolló pruebas bactericidas, las mismas que arrojaron como resultado que el tejido impregnado con nanopartículas de plata adquirió

condiciones antibacterianas, los estudios realizados se dieron por análisis bacteriológicos, dando como resultado un acabado antibacteriano favorable (párr. 1).

Según Bayetero (2017) hace mención que, los ligantes también son utilizados en los procesos de estampación, ya que esta forma una película transparente sobre la pasta madre quedando así la estampación unida al sustrato (tela), consiguiendo con esto que el tejido al ser lavado adquiera condiciones de solidez al lavado, a su vez el ligante otorga al textil características como: brillo, dureza, flexibilidad y resistencia química.

Por tal motivo, el uso de ligantes en el acabado antibacteriano es de suma importancia, ya que crea un vínculo entre tejido y producto, haciendo que el producto actúe y se retenga en el en el tejido jersey 100% algodón, otorgándole consigo las características especiales esperadas.

### **2.1.7. Tejido de punto**

De acuerdo con Lockuán (2012a), detalla que el género de punto se forma mediante en entrelazamiento de hilos formando mallas, estos pueden ser de manera horizontal o vertical, este género se diferencia de los tejidos de calada porque presentan mayor confort al usarlo, por su elasticidad tiende a amoldarse al cuerpo, este tejido posee un encogimiento del 5% al 2% más que el de calada (pp. 70, 82).

El género de punto se clasifica en:

- Género de punto por urdimbre

Para la formación de este tejido las agujas son suministradas con diferentes hilos, es decir se utiliza la misma cantidad de hilos como de agujas, se caracteriza porque formación de las mallas es siempre simultánea y a su vez al existir un rompimiento de una malla, este no se va a destejer.

- Género de punto por trama

Este tejido se forma a partir de un solo hilo, que es suministrado para todas las agujas de máquina, la malla se va formando de manera transversal, este tejido tiene como característica que, si una malla se rompe, el tejido se desteje.

Según Chocho (2022) menciona que, mediante la aplicación de celulosa de bambú en un tejido de punto, para lo cual tomó en cuenta las características del tejido y el uso de productos que apoyen a disminuir la contaminación ambiental, al realizar este proyecto logró sustituir el

uso de productos químicos y obteniendo como resultado un acabado antibacteriano con las propiedades esperadas (p. 18).

### **2.1.8. Proceso de Acabado**

Para Lockuán (2012b) “la aplicación de diferentes tipos de acabados se los puede realizar de diferentes maneras, ya sea por foulardado, pulverizado, agotamiento, recubrimiento” (pp. 27, 33).

#### 2.1.8.1. Foulardado

Este método es el más común, se lo aplica en acabados en húmedo y el parámetro a controlar es el pick up del tejido; se realiza mediante el paso del tejido por un baño en el mismo que se encuentran depositados los productos, después el tejido pasa por un foulard de impregnación, para posterior pasar a un proceso de secado (Lockuán, 2012b).

#### 2.1.8.2. Pulverizado

Se lo realiza cuando el acabado es más ligero, el objetivo de este método es rociar el tejido con una pequeña concentración de productos, para obtener una buena homogeneidad en la penetración del acabado es recomendable dejar reposar unas horas el sustrato antes de ser secado (Lockuán, 2012b).

#### 2.1.8.3. Agotamiento

Según Castillo (2019) menciona el principio de este proceso es colocar en un baño el sustrato para que este absorba el agente que ya se encuentra depositado en el baño, hasta que se alcance un equilibrio químico entre el agente del acabado y la fibra (p. 29).

#### 2.1.8.4. Recubrimiento

Es la aplicación de un producto en la superficie, sea este una estampación para lo cual se debe aplicar algún tipo de resina para poder sellar.

### **2.1.9. Proceso de Agotamiento**

Este método consiste en sumergir el material textil en un baño que contiene consigo los agentes de acabado, para lo cual se debe determinar ciertos parámetros como son el tiempo que va a permanecer el sustrato sumergido y a la temperatura que se debe mantener.

En un estudio realizado acerca de la aplicación de lignina de bambú usada para aportar un acabado antibacteriano, Bautista (2022) menciona que realizó la aplicación del acabado

mediante el método de agotamiento para lo cual utilizó concentraciones de lignina al 2%, 4%, 6%, 8% y 10% y a su vez la adición de auxiliares necesarios para que el acabado quede adherido al textil. En la elaboración del proceso determinó parámetros como: temperatura, tiempo y concentraciones ya que estos son importantes para que el acabado que se quiera otorgar cumpla con las respectivas requisiciones (p. 40).

Con base a Tituaña (2018) menciona que para lograr adherir el alumbre de potasio como agente de acabado en un tejidos de punto fue necesario aplica el método de agotamiento, el mismo que ayuda al producto migre hacia el tejido, para lo cual se realizó un incremento en la temperatura del baño consiguiendo que el agente quede penetrado al sustrato para evitar que este salga del tejido cuando se realice los lavados, aplicó un ligante, logrando de esta manera obtener un tejido de punto con características antibacterianas (p. 51).

## **2.2. Marco legal**

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

En la Constitución de la República del Ecuador menciona los siguientes artículos referentes al medio ambiente (Constitución de la República del Ecuador, 2008):

“Art. 66.- Literal 27 menciona: El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza.

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

Art. 276.- Literal 4 menciona: Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural.

Art. 395.- Literal 1 hace mención: 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” (Constitución de la República del Ecuador, 2008, pp. 29–119).

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

El presente proyecto de investigación se encuentra relacionado con la siguiente línea de investigación de la Universidad Técnica del Norte y de la Carrera de Textiles:

- “Producción Industrial y Tecnología Sostenible
- Gestión, Producción, Innovación y Desarrollo Socioeconómico” (Universidad Técnica del Norte, 2022, párr. 1)

### **2.2.3. Tulsma**

Según TULSMA (2017), indica que: un estándar de calidad del aire o nivel de contaminación tiene como objetivo principal preservar la salud humana, la calidad del aire, el bienestar del ecosistema y el medio ambiente en general. Con este fin, esta norma establece límites máximos para los contaminantes del aire atmosférico a nivel del suelo. También proporciona métodos y procedimientos para la determinación de las concentraciones de contaminantes en el aire (pp. 308, 309).

## **2.3. Marco Conceptual**

### **2.3.1. Acabado antibacteriano**

Según Maya et al. (2017) mencionan que: “El desarrollo de los textiles técnicos se caracteriza por la unión de diferentes disciplinas, tales como la electrónica, la ciencia de los polímeros, la nano ciencia y la nano tecnología. La aplicación de estas disciplinas da lugar a textiles con funciones especiales” (p. 3).

De acuerdo con Muñoz (2019) detalla que: “Los textiles antibacterianos forman parte de la amplia gama de textiles técnicos cuyo desarrollo nace de la necesidad de evitar la proliferación de microorganismos en las fibras y tejidos” (p. 1). Debido a varios factores los textiles se convierten en un ambiente propio para el crecimiento de bacterias que producen en el textil problemas de decoloración, pérdida de elasticidad, provocación de malos olores y sensaciones desagradables, también existen cepas microbianas que pueden comprometer la salud de los usuarios.

### **2.3.2. Algodón**

El algodón es una fibra natural, por lo tanto, Chen et al. (2022) mencionan que el mismo posee características especiales como:

Ser más ecológico y biodegradable ya que se compone únicamente de celulosa, que puede ser utilizada de diversas formas, desde compuestos reforzados hasta productos completamente diferentes. El algodón posee un valor de utilización extremadamente alto, es ampliamente utilizado en una variedad de campos como prendas con acabados inteligentes, la confección y la decoración de interiores debido a sus excelentes propiedades tales como comodidad, suavidad, calidez, bajo costo, entre otros (párr. 1).

### **2.3.3. Tejido de punto jersey**

De acuerdo con McKee et al. (2017), el tejido de punto jersey se forma a partir de un solo hilo, que es suministrado para todas las agujas de máquina, la malla se va formando de manera transversal, este tejido tiene como característica que, si una malla se rompe, el tejido se desteje, este tejido es realizado en máquina circular monofontura y a su vez el jersey es un diseño básico utilizado en la tejeduría (párr. 1).

### **2.3.4. Bacterias**

Las bacterias son microorganismos que presentan un tamaño aproximado de (0,5 y 5  $\mu\text{m}$  de longitud), sus formas son diversas que pueden ser: bacilos que tienen forma de bastón, cocos que son como esferas y espirilos como su nombre lo indica tienen forma espiral (Vila et al., 2009).

### **2.3.5. Nitrato de plata**

El nitrato de plata contiene un 64% de plata, por lo tanto, es un agente antibacteriano que impide la proliferación de bacterias, por su baja toxicidad es utilizado con aspectos dermatológicos y toxicológicos, también es usado como un purificador sanguíneo útil para contrarrestar la dificultad respiratoria y las palpitaciones (Londoño et al., 2021).

### **2.3.6. Ligante**

Según Bayetero (2017) afirma “un ligante se define como un átomo, que normalmente cede uno o más de sus electrones a través de un enlace covalente coordinado y comparte sus electrones a través de enlaces covalentes con uno o más átomos centrales” (p. 61).

### **2.3.7. Proceso de agotamiento**

Para Castillo (2019) el proceso de agotamiento es también denominado método de baño, el principio es colocar en un baño el sustrato para que este absorba el agente que ya se encuentra depositado en el baño, hasta que se alcance un equilibrio químico entre el agente del acabado y la fibra. (p. 29).

Según Lockuán (2012b) menciona que “los tejidos de calcetería y los géneros de punto tubulares generalmente reciben el producto de acabado mediante esta técnica” (p. 29).

## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGÍA

En el siguiente capítulo se expresan criterios metodológicos que orientan a la investigación, es decir, permite por medio de procedimientos darle respuesta al problema planteado. A su vez, se puede verificar la confiabilidad de la obtención del producto final.

En esta información detallada se encuentra los métodos de investigación, equipos, materiales y las respectivas variables que se utilizaron para el desarrollo de este proyecto. Primeramente, se realizó la preparación de las probetas, para pasar a la aplicación del nitrato de plata, luego se realizó los respectivos ensayos en laboratorio, a su vez se realizó ensayos de la solidez al lavado, para finalizar, se acude a la discusión de resultados con esto logrando concluir con los datos. Para la realización del proyecto se utilizó las siguientes normas:

- **Norma interna.** Mediante esta norma que va a ser la instalada para el uso del equipo medidor de compuestos orgánicos volátiles (VOC).
- **Norma ISO 6330:2012.** Procedimientos domésticos de lavado y secado para los ensayos textiles.

Prueba de solidez al lavado y secado doméstico, para la verificación de la permanencia del acabado en el tejido después de ser lavado.

#### 3.1. Tipo de investigación

En este proyecto se utilizaron los siguientes tipos de investigaciones, las mismas que fueron utilizadas para llegar a cumplir los objetivos planteados:

##### 3.1.1. Investigación hipotética

La investigación hipotética es una herramienta que se utiliza para describir un fenómeno físico, que parte desde que se crea la hipótesis de la situación hasta la realidad, esto es llamado



como planteamiento del problema, el cual después de una serie de premisas se llega a las respectivas conclusiones (Forero, 2012).

La investigación hipotética se utilizó en este proyecto, para conocer si el experimento va a ser viable o no, por tal motivo se generó una inseguridad hasta conocer y analizar los resultados obtenidos en los ensayos.

### **3.1.2. Investigación analítica**

La investigación analítica es el método que consiste en la descomposición de un todo en partes o elementos, es decir, estudiar a profundidad un tema mediante análisis siguiendo procesos como: entender, criticar, contrastar e incorporar, para así de esta manera lograr observar las causas, la naturaleza y los efectos de la respectiva investigación (Lopera et al., 2010).

Este tipo de investigación analítica fue utilizada para analizar los datos obtenidos en los diferentes ensayos tanto del acabado antibacteriano como en el ensayo de la solidez al lavado, además se realizó la comparación y el análisis entre las probetas, lo que permitió evidenciar de mejor manera los resultados conseguidos y finalmente argumentar una discusión sobre los datos.

### **3.1.3. Investigación experimental**

La investigación experimental involucra la manipulación de variables de estudio, para de esta manera controlar el aumento o disminución de dichos valores y el efecto que trae consigo, para establecer relaciones de causa y efecto. Mediante la recopilación de datos se logra la toma de mejores decisiones en la aplicación (McLeod, 2012).

Este tipo de investigación es el más importante, ya que mediante la adición del nitrato de plata en el tejido jersey 100% algodón y con la variación en las diferentes concentraciones de dicho producto, se logró determinar cuál fue la dosificación más apropiada y la que obtuvo mayor permanencia en el tejido después de aplicarle las pruebas de lavado.

### **3.1.4. Investigación comparativa**

La investigación comparativa se lo realiza para la verificación del procedimiento de comparación sistemático de los objetos de estudio, principalmente para explicar y comprender de mejor manera los procesos causales que influyen en el acontecimiento. La investigación comparativa incluye la comparación cualitativa y la cuantitativa, que base a los números posibles de casos se sirve de datos estadísticos (Nohlen, 2020).

La investigación comparativa fue empleada con la finalidad de analizar y valorar los resultados obtenidos de las probetas con nitrato de plata, para determinar cuál de las muestras generó resultados satisfactorios y posterior al ser realizado el ensayo de la solidez al lavado emitir cuál de las muestras obtuvo mejor resistencia al lavado.

### **3.2. Normas a aplicar**

#### **3.2.1. Determinación VOC**

Esta norma es instalada de manera específica para la obtención de datos referentes a la emisión de (VOC) en muestras textiles, en este caso probetas de jersey 100% algodón; para lo cual se somete las muestras aplicadas nitrato de plata a la contaminación, y así determinar mediante las pruebas en el equipo medidor de (VOC) el porcentaje de inhibición al crecimiento de bacterias, ya que al tener números bajos será un indicador favorable.

#### **Proceso:**

- a) Seleccionar las muestras de 30cm x 30cm que contengan aplicado el nitrato de plata.
- b) Disponer las muestras a la contaminación, para verificar el ingreso de bacterias a esta.
- c) Mantener las muestras en reposo después de la contaminación durante aproximadamente 48 horas.
- d) Ingresar el tejido en una caja de vidrio cerrada, que tiene 30cm de largo y 17 cm de ancho, esto se realiza con el fin de evitar que el aire contaminado pueda concentrarse en el interior de la caja.
- e) Empezar con la medición de los compuestos orgánicos volátiles que emita el tejido.
- f) Mantener la muestra en la caja de vidrio durante 30 minutos.
- g) Comprobar el porcentaje que emita cada una de las muestras, para verificar la concentración de nitrato de plata más apropiada.

#### **3.2.2. Solidez al lavado – ISO 6330:2012**

En esta norma se encuentran detallados los procedimientos de lavado y secado doméstico para los ensayos textiles, la misma que especifica a las combinaciones apropiadas de detergentes y contrapesos. Para este ensayo se utiliza la máquina WASCATOR.

En el proceso según la norma es recomendable el uso de detergentes de referencia 1, el mismo que está libre de fosfato, abrillantadores y enzimas. El nivel a utilizar para evitar el lavado brusco es de tipo doméstico que se encuentra entre el 3N o 3G, que es un ciclo normal de lavado, el mismo que simula a cinco lavados.

## Proceso:

- a) Se toma las muestras de 30cm x 30cm y se verifica el nivel de lavado a usar, a su vez se analiza la referencia de detergente en este caso se utilizará la detergente referencia B.
- b) Para el proceso con muestras de algodón se usará el contrapeso tipo 1.
- c) Para la verificación de la permanencia del acabado después del lavado es recomendable el nivel 3N o 3G.
- d) La temperatura del lavado es de 21°C +/- 3.
- e) Tiempo de lavado es de 45 a 60 minutos.
- f) Al finalizar el lavado se retira las muestras, para posterior pasar por un túnel de secado.

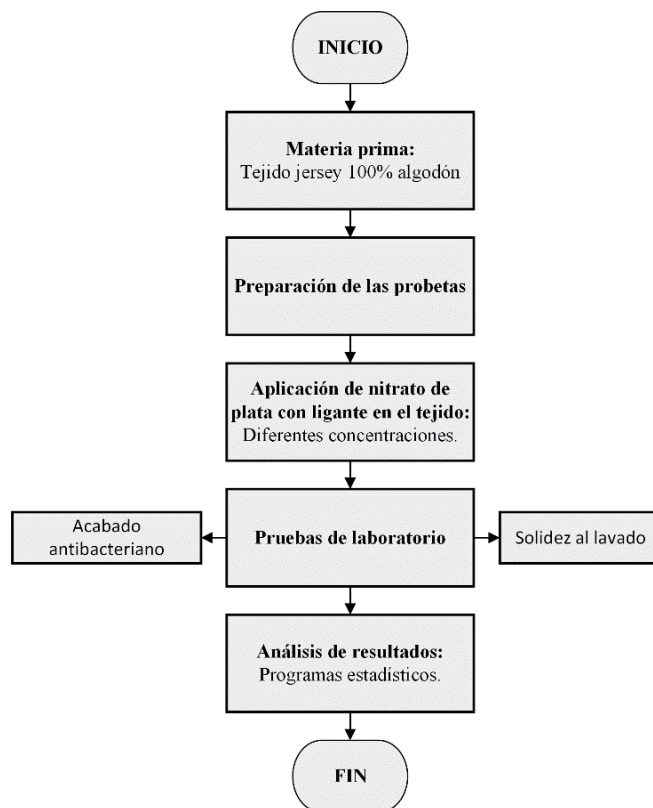
### 3.3. Flujogramas

#### 3.3.1. Flujograma general de proceso de acabado antibacteriano

En la **Figura 2**, se encuentra detallado el proceso a seguir para la obtención de un tejido de algodón 100% con características antibacteriana, hasta la obtención del producto final.

#### Figura 2

Diseño general del proceso



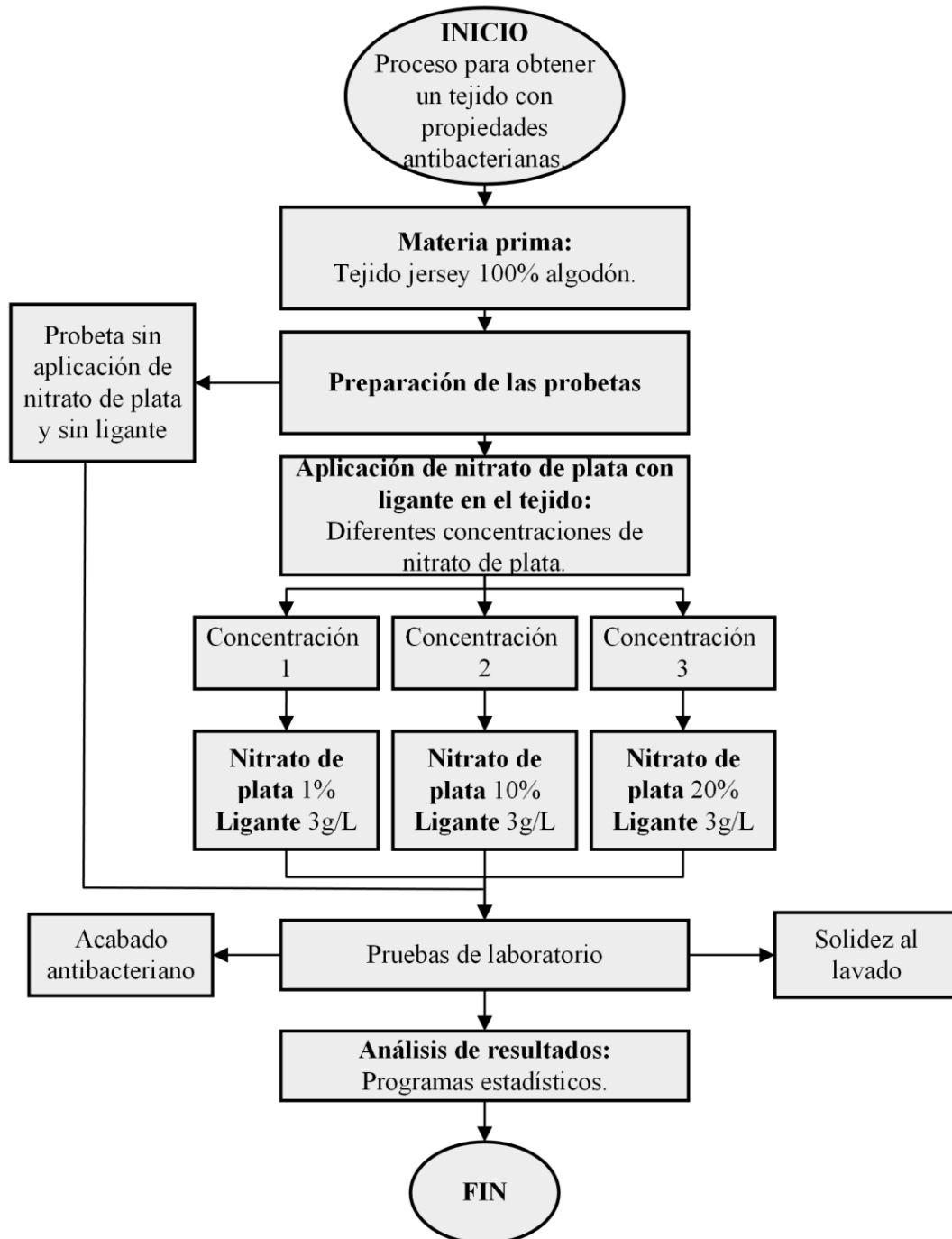
Fuente: Propia

### 3.3.2. Flujograma muestral

En la **Figura 3**, se detalla la manera en la que se realizó la aplicación de nitrato de plata en cada una de las probetas, detallando en cada muestra la variable de concentración del producto a aplicar.

**Figura 3**

Diseño muestral del proceso



Fuente: Propia

### **3.4. Proceso para aplicar: Agotamiento**

Para adherir un producto como agente de acabado en un tejido de punto es necesario aplicar el método de agotamiento, el mismo que ayuda al producto migre hacia el tejido, para lo cual se realizó un incremento en la temperatura del baño consiguiendo que el agente quede penetrado al sustrato para evitar que este salga del tejido cuando se realice los lavados, se aplicó un ligante, logrando de esta manera obtener un tejido de punto con características antibacterianas (Tituaña, 2018, p. 51).

Para el proceso de agotamiento se lo realiza en un equipo de tintura tipo III, para lo cual se sigue una serie de procedimientos, detallados a continuación.

- a) Preparación de la receta.
- b) Peso de las probetas.
- c) Señalización de las probetas.
- d) Calibrar el equipo de tintura.
- e) Verificar la programación del equipo.
- f) Añadir el nitrato de plata juntamente con las muestras.
- g) Seguir la curva de proceso.
- h) Realizar la aplicación del segundo baño, añadir las muestras con el ligante.
- i) Seguir la curva de aplicación.
- j) Secado de las muestras.

### **3.5. Instrumentos y equipos**

Para la práctica en lo referente a la aplicación de nitrato de plata a diferentes concentraciones para obtener un tejido con propiedades antibacterianas, la emisión de resultados de la inhibición de las bacterias, se utilizaron equipos designados de acuerdo con el proceso a realizar, los mismos que se encuentran detallados a continuación.

#### **3.5.1. Equipo IR DYER**

Esta máquina de laboratorio diseñada para teñido de tipo infrarrojo proporciona alta velocidad en los procesos, precisión y la contaminación es mínima. Posee un disco giratorio que asegura la buena distribución de colorantes y auxiliares en los textiles, consiguiendo un proceso tintóreo óptimo.

Este equipo es utilizado a nivel de laboratorio en las siguientes aplicaciones:

- Teñido de textiles con determinadas recetas.

- Aplicación de acabados.
- Aplicación de diferentes concentraciones.

**Figura 4**

Equipo IR DYER



Fuente: Propia

### 3.5.2. Air Quality Detector (Medidor de VOC)

Este equipo denominado medidor de calidad del aire en interiores monitorea la calidad del aire y otorga datos en tiempo real de la emisión de estos. Es un equipo que cuenta con un sensor semiconductor de óxido metal, que tiene como fin cuantificar la presencia de bacterias.

Para la obtención de datos en ppm de las muestras contaminadas, se toma en cuenta consideraciones precisas en la **Tabla 1**, donde se detallan los rangos de VOC:

**Tabla 1**

*Rangos de presencia de VOC*

Rangos de VOC	
0 – 0.600	Limitada cantidad de VOC
0.601 – 3.000	Moderada cantidad de VOC
3.001 – 12	Alta cantidad de VOC

Fuente: Adaptada de Air Quality Detector (Amazon, 2022).

## Figura 5

Air Quality Detector



Fuente: (Amazon, 2022)

### 3.5.3. Wascator

El wascator es una lavadora estandarizada y se establece de referencia estándar para laboratorios textiles, cumple con requisitos detallados en las normas europeas, entre las aplicaciones de dicha máquina se tiene: medición de la contracción de los tejidos, medición de la espiralidad, ensayo de arrugas, entre otros. Dicho equipo cuenta con una serie de programas listos, así como la ISO 6330:2012 (James Heal, 2022).

## Figura 6

Wascator



Fuente: Propia

### 3.6. Materiales y productos de aplicación

#### 3.6.1. Materiales

Para la aplicación de proceso de acabado antibacteriano se utilizó un tejido jersey 100%, para lo cual se realizó la caracterización de este.

- Caracterización del tejido

Para la obtención del gramaje mediante la norma ISO 3801 – Determinación de la masa por unidad de longitud y de la masa por unidad de superficie (ver **Tabla 2**), se realizó el corte de 5 muestras con la cortadora circular de 100 cm<sup>2</sup>, las cuales se realizó de manera escalonada a partir de 15cm del orillo. El tejido estuvo acondicionado según la norma ISO 139 – Atmósferas estándar para acondicionamiento y ensayo de tejidos.

Posterior a esto se realizó el pesaje de estas, para obtener el promedio.

**Tabla 2**

*Datos técnicos tejido de punto.*

Nombre	Tejido de punto
Composición	100% Algodón
Ligamento	Jersey
Ancho	1,78m
Gramaje	153g/m <sup>2</sup>
Rendimiento	3,70 m/kg

Fuente: Aplicación propia

#### 3.6.2. Productos de aplicación

Para realizar el proceso de acabado antibacteriano en el tejido jersey 100% algodón, se utilizó los siguientes productos.

- Producto ionizante

El producto ionizante actúa como un intercambiador iónico que le permite al nitrato de plata adherirse de mejor manera al sustrato textil, ya que al poseer el algodón una carga negativa y el nitrato de plata de igual manera, este intercambiador permite la migración del producto hacia el tejido.



## Figura 7

Producto ionizante



Fuente: Propia

- Nitrato de plata ( $AgNO_3$ )

Es una sal inorgánica mixta, contiene un 64% de plata, por lo tanto, es un agente antibacteriano que impide la proliferación de bacterias, por su toxicidad es recomendable su uso de hasta el 20% de concentración, por las propiedades bactericidas es utilizado con aspectos dermatológicos y toxicológicos (Londoño et al., 2021).

## Figura 8

Nitrato de plata



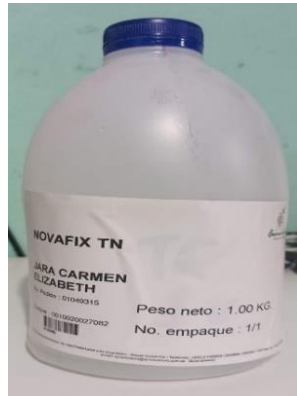
Fuente: Propia

- Fijador

Este producto permite que el nitrato de plata tenga mejor adherencia al sustrato textil, consiguiendo que el acabado perdure en el tejido.

### Figura 9

NOVAFIX TN CONC



Fuente: Propia

- Ligante

El ligante es un producto que forma una película la misma que está compuesta de macromoléculas de cadenas largas, las cuales al ser aplicadas en conjunto con el producto antibacteriano forman una red protectora, impidiendo de tal manera la salida del producto de la muestra textil (Rojas, 2016).

### Figura 10

NOVAPRINT FSH



Fuente: Propia

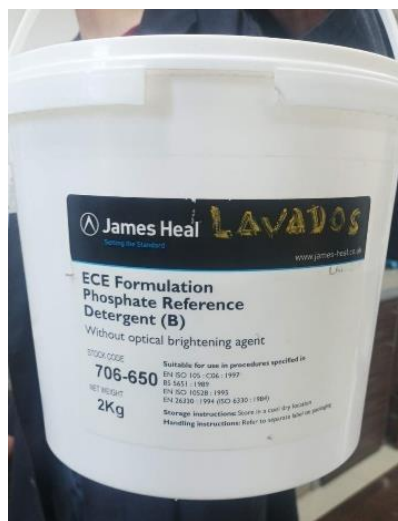
- Detergente

Productos que contienen sustancias tensoactivas que realizan la limpieza sobre superficies sucias, es decir, la separación de la suciedad mediante una disolución con agua.

En esta investigación se utilizó el detergente en el ensayo de solidez al lavado, prueba en la que se realizó un lavado del género textil que contiene la aplicación del acabado para determinar la resistencia que tiene este al no desprenderse del tejido.

## Figura 11

Detergente



Fuente: Propia

### 3.7. Parámetros de aplicación

#### 3.7.1. pH de solución

El pH o potencial de hidrógeno, es un indicador de la acidez o alcalinidad de una sustancia; existe una escala en la que se mide la concentración de hidrógeno para lo cual si se tiene un pH alto mayor a 7 es una sustancia alcalina, pero, si se cuenta con un pH inferior a 7 la sustancia es ácida.

Para la aplicación del nitrato de plata se utilizó un pH 5,8 el mismo que es un pH ácido, para lo cual se neutraliza el pH adicionando el fijador en el primer baño, el cual posee un pH alcalino.

### 3.7.2. Volumen del baño

El baño en el que se encuentra disuelto el producto, es un medio de transporte para que las moléculas disueltas o dispersas en este, sean absorbidas por el material textil.

El volumen se calcula con el peso del material, en este caso las muestras de 13g por la relación de baño que a nivel de laboratorio es de 1:10, para lo cual se obtiene 130ml de agua a usar en cada una de las muestras.

$$\text{Volumen del baño} = \text{Peso de la muestra} \times \text{relación del baño} \quad (1)$$

$$\text{Volumen del baño} = 13\text{g} \times 10\text{ml}$$

$$\text{Volumen del baño} = 130\text{ml}$$

### 3.7.3. Temperatura

Es una magnitud física que expresa el grado o nivel de calor de los cuerpos o sustancias y cuya unidad a utilizar es grados centígrados ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Para la aplicación del acabado se sigue las instrucciones de la curva de proceso, en la cual se detalla de manera específica la subida y bajada de gradientes para poder tener un tratamiento óptimo.

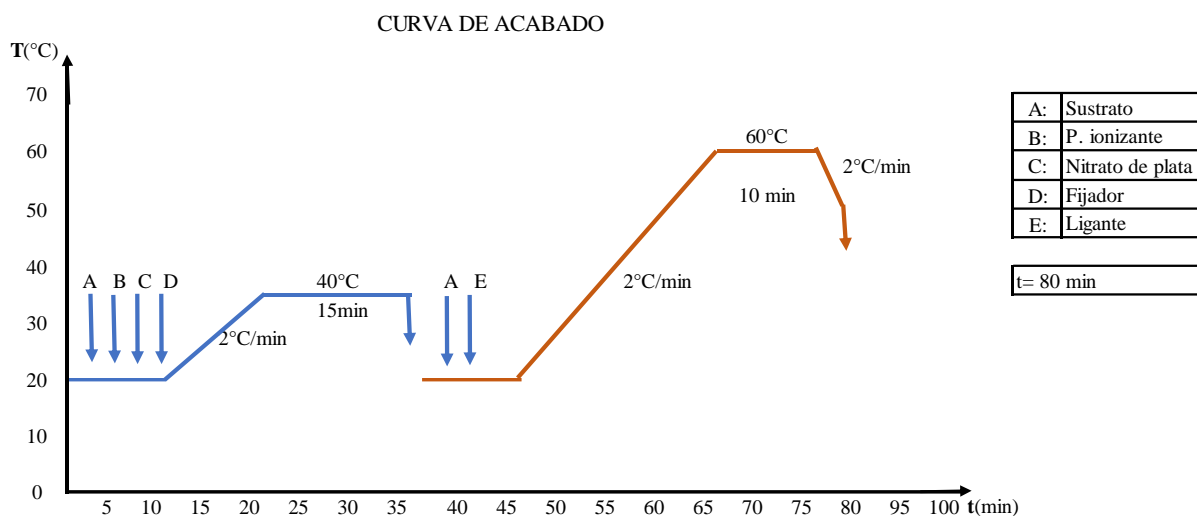
### 3.8. Curvas de procesos

En la realización del proceso de acabado, se siguió la siguiente curva de proceso en la que se detalla la aplicación de los productos, la cual parte con el ingreso del sustrato, producto ionizante, nitrato de plata y el fijador a  $20^{\circ}\text{C}$ , sube la temperatura con una gradiente de  $2^{\circ}\text{C}/\text{min}$  y permanece 15 minutos a  $40^{\circ}\text{C}$ , al finalizar de este tiempo se realiza una bajada de temperatura con una gradiente de  $2^{\circ}\text{C}/\text{min}$ , para poder botar el baño, en este proceso se fija el nitrato de plata al tejido.

Para sellar el producto del acabado en el tejido se realiza una nueva carga, se coloca el tejido y el ligante a una temperatura de  $20^{\circ}\text{C}$ , para subir a  $60^{\circ}\text{C}$  con una gradiente de  $2^{\circ}\text{C}$ , posterior se mantiene a esta temperatura durante 10 minutos y para finalizar se baja la temperatura con una gradiente de  $4^{\circ}\text{C}$  y se procede a botar el baño, este proceso ayuda a que el acabado se mantenga adherido al tejido y logrando con esto un acabado permanente.

**Figura 12**

Curva de proceso para el acabado



Fuente: Propia

### 3.8.1. Recetas

Las recetas fueron realizadas considerando las variables que se establecieron en la metodología de esta investigación, utilizando como producto antibacteriano al nitrato de plata y como auxiliares el fijador, ligante y el intercambiador iónico.

En la **Tabla 3**, se determinó las cantidades de productos en g o mL, que se va a incorporar en el proceso de agotamiento, en el cual se utilizó nitrato de plata al 1%, con una relación de baño de 1:10 y con un peso de material de 13g.

**Tabla 3**

*Receta con nitrato de plata al 1%*

<b>Material: 100% Algodón</b>		
<b>Peso muestra: 13g</b>	<b>R: B - 1:10</b>	
<b>Volumen: 130ml</b>		
Producto	Dosificación	g o mL
Nitrato de plata	1%	0,13g
Producto ionizante	1g/L	0,13g
Fijador	3g/L	0,39g
Ligante	3g/L	0,39g

Fuente: Propia

En la **Tabla 4**, se determinó las cantidades de productos en g o mL, que se va a incorporar en el proceso de agotamiento, en el cual se utilizó nitrato de plata al 10%, con una relación de baño de 1:10 y con un peso de material de 13g.

**Tabla 4**

*Receta con nitrato de plata al 10%*

<b>Material:</b> 100% Algodón		
<b>Peso muestra:</b> 13g	<b>R: B</b> – 1:10	
<b>Volumen:</b> 130ml		
<b>Producto</b>	<b>Dosificación</b>	<b>g o mL</b>
Nitrato de plata	10%	1,3g
Producto ionizante	1g/L	0,13g
Fijador	3g/L	0,39g
Ligante	3g/L	0,39g

Fuente: Propia

En la **Tabla 5**, se determinó las cantidades de productos en g o mL, que se va a incorporar en el proceso de agotamiento, en el cual se utilizó nitrato de plata al 20%, con una relación de baño de 1:10 y con un peso de material de 13g.

**Tabla 5**

*Receta con nitrato de plata al 20%*

<b>Material:</b> 100% Algodón		
<b>Peso muestra:</b> 13g	<b>R: B</b> – 1:10	
<b>Volumen:</b> 130ml		
<b>Producto</b>	<b>Dosificación</b>	<b>g o mL</b>
Nitrato de plata	20%	2,6g
Producto ionizante	1g/L	0,13g
Fijador	3g/L	0,39g
Ligante	3g/L	0,39g

Fuente: Propia

### **3.9. Pruebas de laboratorio**

#### **3.9.1. Prueba de medición de los VOC**

Las muestras de tejido de jersey algodón 100% que han sido tratadas con nitrato de plata por el método de agotamiento para conseguir propiedades antibacterianas, han sido tratadas con varias concentraciones de nitrato de plata, este acabado se lo realizó previo a la prueba de medición del VOC. A partir de estas aplicaciones se procede a realizar la contaminación de las muestras y a dejarlas en reposo, todo esto con la finalidad de que las bacterias actúen de mejor manera y así obtener datos confiables. Posterior a esto se realiza la evaluación de las muestras, verificando la repelencia de bacterias mediante el medidor de calidad del aire en interiores, consiguiendo obtener resultados en ppm de los compuestos orgánicos volátiles que no han ingresado al tejido.

Las muestras contaminadas son colocadas dentro de la caja de vidrio cerrada, para que así el medidor pueda entregar datos ya que las bacterias se encuentran dentro de la misma.

#### **Proceso de medición:**

- a) Disponer las muestras a la contaminación, es decir, a la presencia de sudor para lo cual se añade las muestras de tejido a una camiseta deportiva, para verificar el ingreso de bacterias a estas.

#### **Figura 13**

Colocación de las muestras con nitrato de plata a la camiseta



Fuente: Propia

- b) Mantener las muestras en reposo después de la contaminación durante aproximadamente 48 horas, para lo cual se busca aislar las muestras de la presencia de la luz.

#### **Figura 14**

Reposo de las muestras contaminadas



Fuente: Propia

- c) Se ingresó el tejido en una caja de vidrio cerrada, que tiene 25cm de largo, 30cm de ancho y 30cm de alto, esto se realizó con el fin de que el aire quede concentrado dentro de la caja.

Para lo cual, primero se realizó la calibración del equipo medidor y posterior a esto se ingresó el tejido en la caja de vidrio juntamente con el medidor.

#### **Figura 15**

Medición de las muestras







Fuente: Propia



- d) Se midió los compuestos orgánicos volátiles que emitían las muestras, para lo cual es recomendable mantener las muestras en la caja durante aproximadamente 30 minutos, hasta que el equipo medidor del VOC se estabilice.
- e) Se tomó notas de los valores emitidos de cada una de las muestras, para la verificación de la concentración de nitrato de plata más apropiada.

**Tabla 6**

*Datos de emisión de VOC en muestras*

Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
			
2,455.4 ppm	1,510 ppm	0,715 ppm	0,130 ppm

Fuente: Propia

### **3.9.2. Prueba de solidez al lavado**

La prueba de la solidez al lavado se la realizó después de la prueba de medición de los VOC, esto con el fin de determinar la permanencia del acabado luego de las lavadas.

Este proceso se lo llevó a cabo en el equipo WASCATOR, en el que se realizó el lavado 3N, con 20g de detergente de referencia TIPO B. El proceso de lavado duró de 45 a 60 minutos y posterior se procedió a realizar el secado a 105°C en el túnel de secado.

#### **Proceso de solidez al lavado:**

- a) Se tomó las muestras que ya fueron medidas y se las pasa a realizar un lavado doméstico en el equipo WASCATOR, para lo cual se usó el nivel 3N de lavado con 20g el detergente de referencia B.
- b) Para el proceso con muestras de algodón se utilizó el contrapeso tipo 1.
- c) La temperatura del lavado fue de 21°C +/- 3.
- d) Tiempo de lavado fue de 60 minutos.
- e) Posterior al lavado las muestras pasaron por el túnel de secado a 105°C.

## Figura 16

Secado de las muestras







Fuente: Propia

- f) Se realizó la contaminación de las muestras por segunda vez, y se reinicia el proceso de medición del VOC.
- g) Al finalizar se evaluó los resultados con los cuales se determinó que el acabado es permanente.

## Tabla 7

*Datos de emisión de VOC en muestras después del lavado*

Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
			
2,437 ppm	1,407 ppm	0,319 ppm	0,131 ppm

Fuente: Propia

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se da a conocer los resultados obtenidos de cada una de las muestras durante las pruebas realizadas. A su vez, se detallan los valores adquiridos en las pruebas de emisión de VOC y la solidez del lavado las cuales fueron realizadas en el laboratorio CTEX. Posterior a esto, se realizó el análisis estadístico con el fin de verificar la confiabilidad de los datos obtenidos y respectivos gráficos para la interpretación.

#### 4.1. Resultados

Realizada la parte práctica y el respectivo análisis de laboratorio, se ha tomado parámetros como: la temperatura, humedad relativa y el tiempo de permanencia de las muestras para ser ensayadas.

A continuación, se muestra información de los resultados obtenidos mediante las pruebas de medición de VOC y solidez al lavado del acabado antibacteriano.

Denotando de tal manera la existencia de compuestos orgánicos volátiles en las muestras, y la concentración de nitrato de plata apta para impedir la proliferación de bacterias en los tejidos.

##### 4.1.1. Resultado de la prueba de medición de VOC

Se da a conocer la información numérica obtenidos en los ensayos realizados, detallados en el **Anexo 4**, que determina el proceso que se realizó para la medición de los compuestos orgánicos volátiles en las diferentes muestras. En la **Tabla 8**, que se presenta a continuación se puede analizar el resultado de la evaluación de la presencia de VOC en cada una de las muestras sometidas al ensayo, las mismas que han obtenido un acabado antibacteriano, según la normativa interna establecida, para posteriormente ser analizada la información adquirida.

**Tabla 8***Datos obtenidos mediante la prueba de medición de los VOC*

<b>Resultados de la prueba de VOC</b>						
<b>Muestra</b>	<b>Nitrato de plata (%)</b>	<b>Ligante (g/L)</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Humedad (%)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>VOC en ppm</b>
1	0	0	30	65	21	2,454
2	1	3	30	65	21	1,510
3	10	3	30	65	21	0,715
4	20	3	30	65	21	0,130

**Nota:** La tabla muestra los resultados obtenidos a partir de la prueba de medición de VOC, a mayor cantidad de nitrato de plata menor cantidad de VOC existente.

Fuente: Propia

- **Análisis de la prueba de VOC**

Los datos obtenidos a partir de la prueba de VOC son analizadas, con el objetivo de determinar la presencia de los compuestos orgánicos volátiles en cada una de las muestras, tanto en la que no fue tratada con nitrato de plata, como las que si adquirieron el acabado, en la siguiente tabla se detalla el análisis demostrando de tal manera si la cantidad emitida de VOC es limitada, moderada o alta, de acuerdo a la **Tabla 1**, en la cual se detalla los rangos de emisión de compuestos orgánicos volátiles en partes por millón (ppm) y su respectiva calificación. Los datos obtenidos en la **Tabla 8**, fueron analizados y caracterizados de la siguiente manera:

**Tabla 9***Datos de la prueba de VOC*

<b>Calificación de los datos VOC</b>		
<b>Muestra</b>	<b>VOC</b>	<b>Calificación</b>
1	2,454 ppm	Moderada cantidad de VOC
2	1,510 ppm	Moderada cantidad de VOC
3	0,715 ppm	Moderada cantidad de VOC
4	0,130 ppm	Limitada cantidad de VOC

**Nota:** La calificación se realizó a partir de la **Tabla 1**.

Fuente: Propia

#### 4.1.2. Resultado de solidez al lavado

Al finalizar con la medición de la emisión de VOC en las muestras, se procedió a realizar el ensayo de solidez al lavado. Para lo cual se lo realizó el nivel 3N en el lavado con una temperatura de 21°C.

Por consiguiente, se realizó la contaminación de las muestras para poder determinar la permanencia del acabado en el tejido. Para esto se realizó por segunda vez la prueba de emisión de VOC.

A continuación, se detalla los valores obtenidos con su respectiva calificación, se puede denotar que los datos tienen una mejora los valores de emisión de VOC, ya que se puede demostrar que el acabado es permanente, debido a la variabilidad en los datos con un rango de mejora en la muestra 3, la misma que contiene la aplicación de nitrato de plata en 10%.

La **Tabla 10** muestra los datos que se obtuvieron después de realizar el lavado y la segunda contaminación.

**Tabla 10**

*Resultados de la prueba de Lavado, después de la contaminación*

Muestra	Nitrato de plata (%)	Ligante (g/L)	Tiempo (min)	Humedad (%)	Temperatura (°C)	VOC (ppm)	Calificación
1	0	0	30	65	21	2,437	Moderada cantidad de VOC
2	1	3	30	65	21	1,407	Limitada cantidad de VOC
3	10	3	30	65	21	0,319	Limitada cantidad de VOC
4	20	3	30	65	21	0,131	Limitada cantidad de VOC

**Nota:** En la tabla se muestra los valores de contaminación obtenidos después de la prueba de lavado. La calificación se realizó a partir de la **Tabla 1**.

Fuente: Propia

### 4.1.3. Tabla general de resultados de VOC y solidez al lavado

Al contar con datos referente de los dos ensayos, se puede determinar las mejoras obtenidas en el tejido. Por lo tanto, en la **Tabla 11**, se especifica un resumen de los valores adquiridos en la medición de emisión de VOC y solidez al lavado, donde se detallan los principales datos obtenidos en cada una de las muestras.

**Tabla 11**

*Resultados Generales del VOC y Solidez al lavado*

Muestra	Nitrato de plata (%)	Ligante (g/L)	Tiempo (min)	Humedad (%)	Temperatura (°C)	VOC (ppm), antes del lavado	VOC (ppm), después del lavado
1	0	0	30	65	21	2,454	2,437
2	1	3	30	65	21	1,510	1,407
3	10	3	30	65	21	0,715	0,319
4	20	3	30	65	21	0,130	0,131

**Nota:** En la tabla se muestra los resultados generales obtenidos en la medición de VOC.

## 4.2. Discusión de resultados

Los datos obtenidos en las pruebas de VOC y solidez al lavado fueron tabulados y analizados estadísticamente, para proceder a realizar la respectiva validación de datos.

Se analizaron los datos numéricos usando el programa estadístico PAST 4, con el cual se pudo determinar la varianza y la prueba de normalidad, con el fin de obtener gráficas estadísticas que ayudaron en la verificación de la confiabilidad de los resultados.

### 4.2.1. Análisis de varianza

Al contar con los datos de los resultados obtenidos en cuanto a la prueba de VOC y solidez al lavado, se realizó el respectivo análisis de la varianza mediante el software estadístico Past 4.

Para conocer la variabilidad de los datos es necesario conocer la varianza, ya que permite identificar la dispersión de los datos obtenidos, esto se logra con respecto a la media aritmética. Es decir, la varianza representa el amplio o estrecho rango que poseen los valores. Por lo tanto, en cuanto mayor sea la varianza, mayor será la dispersión de los datos (Cernas et al., 2017).

En la **Figura 17**, se muestran los datos obtenidos del análisis de la varianza de la prueba de medición de compuestos orgánicos volátiles (PMVOC) y la prueba de medición de compuestos orgánicos volátiles después del lavado (PMVOCL); considerando de tal manera que la variación máxima es en la PMVOCL obteniendo 99,5757%, y en la PMVOC se tiene un valor de 83,85007%, por lo tanto, se puede evidenciar que si existe una dispersión de datos entre los dos resultados.

Tras el análisis de los datos obtenidos se puede determinar que el acabado es permanente, ya que al ser expuesta al lavado y pasar por la segunda contaminación las características del tejido aún arrojan datos favorables.

### Figura 17

Análisis de la varianza de la prueba de emisión de VOC

Univariate statistics		
	PMVOC	PMVOCL
<b>N</b>	4	4
<b>Min</b>	0,13	0,131
<b>Max</b>	2,454	2,437
<b>Sum</b>	4,809	4,294
<b>Mean</b>	1,20225	1,0735
<b>Std. error</b>	0,5040437	0,5344726
<b>Variance</b>	1,01624	1,142644
<b>Stand. dev</b>	1,008087	1,068945
<b>Median</b>	1,1125	0,863
<b>25 prcntil</b>	0,27625	0,178
<b>75 prcntil</b>	2,218	2,1795
<b>Skewness</b>	0,4177945	0,7124346
<b>Kurtosis</b>	-1,098421	-1,80224
<b>Geom. mean</b>	0,7660819	0,6152518
<b>Coeff. var</b>	83,85007	99,5757

Fuente: Propia

#### 4.2.2. Normalidad de datos

El análisis de normalidad de datos contribuye en el estudio de cuanto difiere la distribución de datos observados, determinando de esta manera la confiabilidad de los valores obtenidos, afirmando de que si un valor p es  $< 0,05$ , no existe confiabilidad en los datos, pero, si p es  $>$

0,05, estos datos obtienen una confiabilidad del 95% de los datos adquiridos de las pruebas (Rodríguez, 2020).

La **Figura 18**, muestra el análisis de normalidad el cual permite obtener datos acerca de la confiabilidad de las pruebas. Se utilizó los métodos Shapiro-Wilk W, Anderson-Darling A, Lilliefors L, Jarque-Bera JB, donde se pudo evidenciar que el valor  $p > 0,05$ , por lo tanto, los datos obtuvieron una confiabilidad del 95%.

### Figura 18

Normalidad de datos de la prueba de emisión de VOC

Tests for normal distribution		
	PMVOC	PMVOCL
<b>N</b>	4	4
<b>Shapiro-Wilk W</b>	0,9811	0,9096
<b>p(normal)</b>	0,9082	0,4803
<b>Anderson-Darling A</b>	0,1761	0,2789
<b>p(normal)</b>	0,7956	0,4247
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,9199	0,5228
<b>Lilliefors L</b>	0,1856	0,2599
<b>p(normal)</b>	0,9016	0,4562
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,907	0,4932
<b>Jarque-Bera JB</b>	0,3409	0,4585
<b>p(normal)</b>	0,8433	0,7951
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,7795	0,5539

Fuente: Propia

#### 4.2.3. Análisis e interpretación de resultados

Mediante el uso del programa estadístico PAST 4 con las gráficas (Graph Line+points, matrix plot y box plot) se detalla de manera clara los datos obtenidos en los ensayos tanto en la prueba de VOC y en la solidez al lavado, en el cual se realizó un análisis comparativo con ayuda de los gráficos.

##### 4.2.3.1. Análisis de resultado de prueba de VOC

Para el respectivo análisis de los resultados obtenidos de la prueba de VOC, se utilizaron figuras extraídas del programa estadístico past 4, las que se detallan a continuación:



- **Graph (Line + points)**

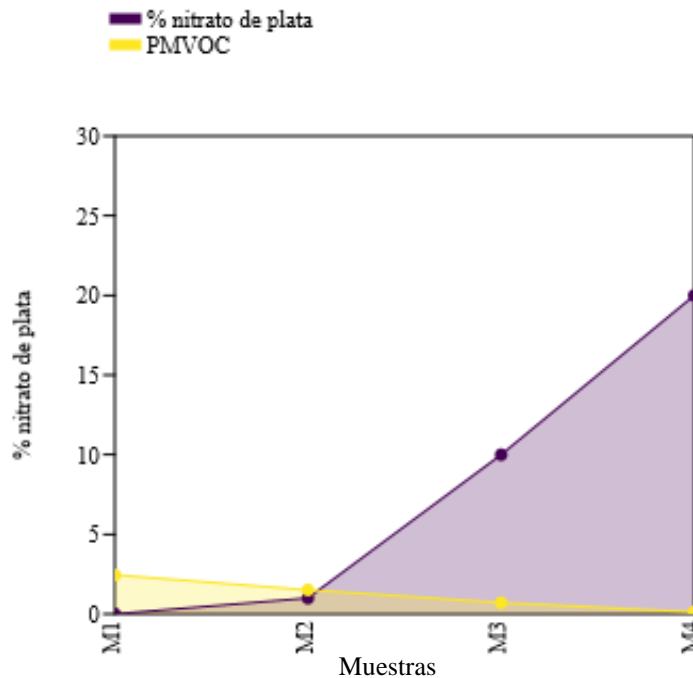
En la **Figura 19**, se puede observar cómo actúan las muestras que contienen nitrato de plata en diferentes concentraciones y la que no contiene un acabado, ya que las muestras pasaron por un proceso de contaminación por sudor, para posterior ser evaluada la proliferación de bacterias que ocasionan el mal olor, determinando de esta manera que la resistencia antibacteriana se produce en el tejido.

Para lo cual se puede visualizar en el eje de las “Y” el porcentaje de nitrato de plata agregado al tejido, en el eje de las “X” se denotan el número de muestra. En la figura se puede observar que la línea morada representa la aplicación de nitrato de plata, la línea amarilla hace referencia a la emisión de los compuestos orgánicos volátiles.

Por lo tanto, la muestra que mostró mayor inhibición fue la número 4 que contiene 20% de nitrato de plata y 3g/L de ligante, así queda demostrado que la tercera receta es la óptima, ya que se disminuye en un 95% el crecimiento de las bacterias en comparación a la muestra 1.

**Figura 19**

Gráfica Graph (Line+points) del resultado de prueba de VOC



**Nota.** Las siglas PMVOC (Prueba de medición de compuestos orgánicos volátiles antes del lavado). Fuente: Propia.

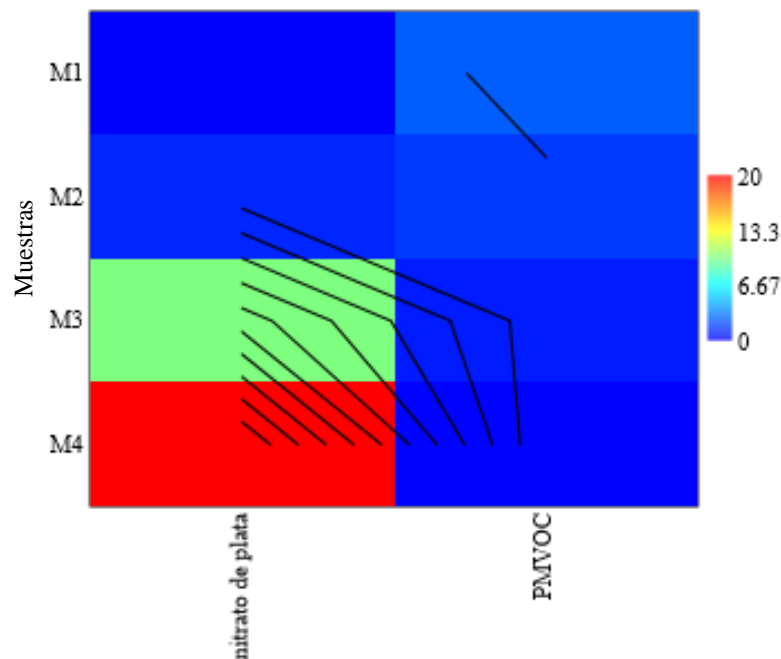
- **Matrix plot**

En la **Figura 20**, se puede observar en el eje “Y” los diferentes porcentajes aplicados de nitrato de plata, siendo el valor M1-0%, M2-1%, M3-10% y M4-20%, el matrix plot a diferencia de las otras gráficas permite analizar la variación de los datos, es así como se puede aseverar que las cantidades de nitrato de plata adicionadas en las diferentes muestras influyen en el ingreso de microorganismos al tejido por las distintas gamas de colores que emite. Para lo cual se puede determinar que el color rojo indica mayor valor de porcentaje de nitrato de plata adicionado en las muestras, por el otro lado el color azul que se disminuye en su color desde un tono más claro a uno más oscuro indica menor concentración de microorganismos en las probetas, según la escala de colorimetría. Las líneas negras indican la relación existente entre sí.

Por lo tanto, se puede afirmar que la muestra 4 contiene la aplicación óptima de nitrato de plata, consiguiendo de esta manera reducir de un 2,454 ppm a un 0,130 ppm del crecimiento de bacterias formadoras de mal olor.

**Figura 20**

Gráfica Matrix plot del resultado de prueba de VOC



**Nota.** Las siglas PMVOC (Prueba de medición de compuestos orgánicos volátiles antes del lavado). Fuente: Propia.

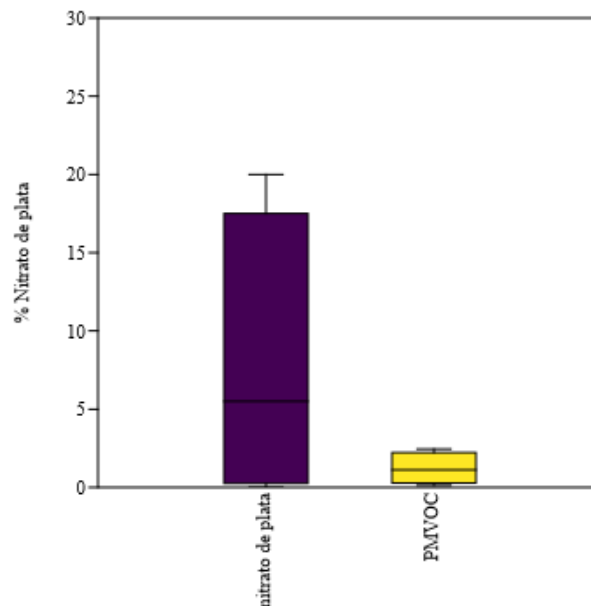
- **Box plot**

En la **Figura 21**, se detalla los datos representados según Box plot, el cual indica el comportamiento de cada uno de los valores, de tal manera demostrando que, a mayor aplicación de nitrato de plata, mayor es la inhibición a compuestos orgánicos volátiles, considerando que en la aplicación del 0% se emite un valor de 2,45 ppm de VOC, mientras que la aplicación al 20% de nitrato de plata emite un valor de 0,13 ppm de VOC.

Por lo tanto, se puede verificar que la probeta 4 cumple con las características antibacterianas.

### **Figura 21**

Gráfica Box plot del resultado de prueba de VOC



**Nota.** Las siglas PMVOC (Prueba de medición de compuestos orgánicos volátiles antes del lavado). Fuente: Propia

#### **4.2.3.2. Análisis de resultado de prueba de solidez al lavado**

Para el respectivo análisis de los resultados obtenidos de la prueba de VOC después del lavado, se utilizó figuras extraídas del programa estadístico past 4, las que se detallan a continuación:

- **Graph (Line + points)**

En la **Figura 22**, se puede observar cómo actúan las muestras que contienen nitrato de plata en diferentes concentraciones y la que no contiene un acabado, después de ser expuestas a una

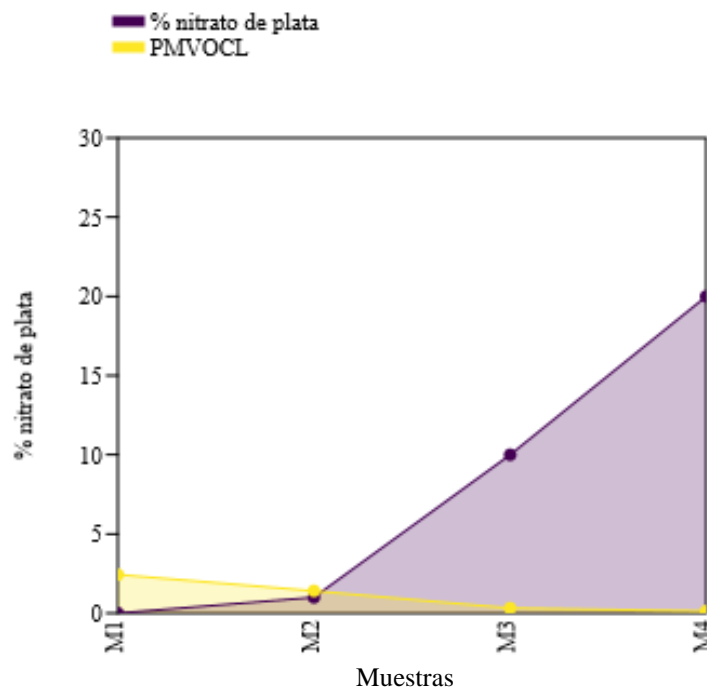
prueba de lavado la misma que simula a cinco lavados, las muestras pasaron por un proceso de contaminación por sudor, para posterior ser evaluado el crecimiento de bacterias que ocasionan el mal olor, determinando de esta manera que la resistencia antibacteriana se produce en el tejido.

Para lo cual se puede visualizar en el eje de las “Y” el porcentaje de nitrato de plata agregado al tejido, en el eje de las “X” se denotan el número de muestra. En la figura se puede observar que la línea morada representa la aplicación de nitrato de plata, la línea amarilla hace referencia a la emisión de los compuestos orgánicos volátiles.

Por lo tanto, se visualiza la disminución de los compuestos orgánicos volátiles en presencia de diferentes concentraciones de nitrato de plata después del lavado, con lo cual se puede determinar que, a mayor cantidad de nitrato de plata, menor es la concentración de bacterias en el tejido, dichos valores se reflejan en la **Tabla 10**, que detalla que para la M1 que no contiene acabado emitió 2,437 ppm de VOC, la M2 que tiene 1% de nitrato de plata arrojó un valor de 1,407ppm de VOC, la M3 que contiene 10% de nitrato de plata emitió 0,319 ppm de VOC, mientras que la M4 que contiene 20% de nitrato de plata arrojó un valor de 0,130 ppm de VOC.

### Figura 22

Gráfica Graph (Line+points) del resultado de prueba de VOC después del lavado



**Nota.** Las siglas PMVOCL (Prueba de medición de compuestos orgánicos volátiles después del lavado). Fuente: Propia.

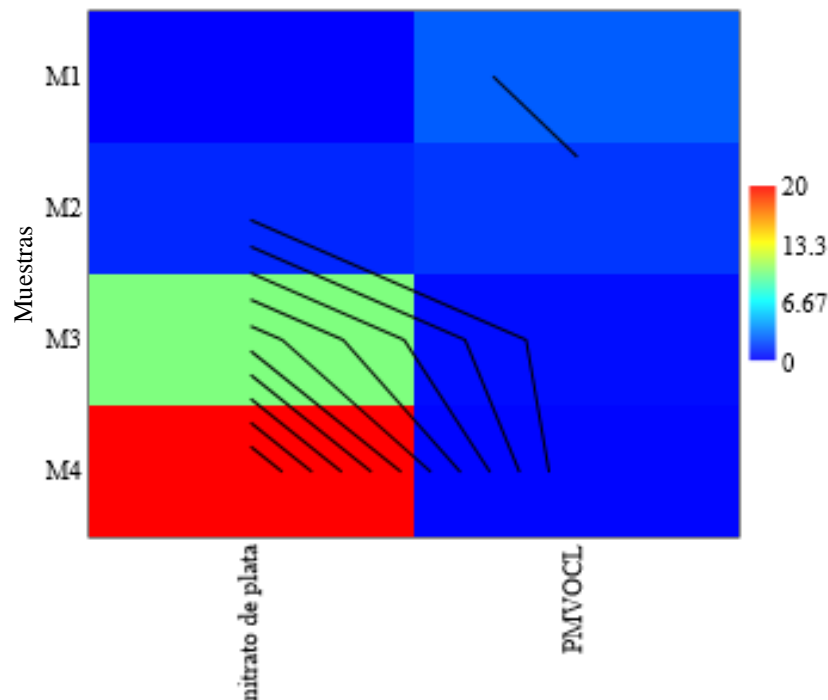
- **Matrix plot**

En la **Figura 23**, se analiza los valores obtenidos en el resultado de la solidez al lavado, determinando que se relacionan directamente el producto de aplicación con cada una de las muestras usadas en la prueba.

Por lo tanto, en la gráfica se indica el comportamiento de cada uno de los valores, de tal manera demostrando que, a mayor aplicación de nitrato de plata, mayor es la resistencia a la formación de compuestos orgánicos volátiles después del lavado, considerando que en la muestra 1 que contiene el 0% de nitrato de plata emitió un valor de 2,437 ppm de VOC, en la muestra 2 que contiene 1% de nitrato de plata se arrojó un valor de 1,407 ppm de VOC, la muestra 3 que contiene 10% de nitrato de plata reflejó un valor de 0,319 ppm de VOC y por último la muestra 4 que contiene 20% de nitrato de plata emitió 0,131 ppm de VOC, denotando de esta manera que el producto de aplicación le adiciona al tejido un acabado antibacteriano permanente con ayuda del ligante, lo cual se determina con la variación en los colores, demostrando que, a mayor cantidad de nitrato de plata, menor crecimiento de bacterias al tejido.

**Figura 23**

Gáfica Matrix plot del resultado de la prueba de VOC después del lavado



**Nota.** Las siglas PMVOCL (Prueba de medición de compuestos orgánicos volátiles después del lavado). Fuente: Propia.

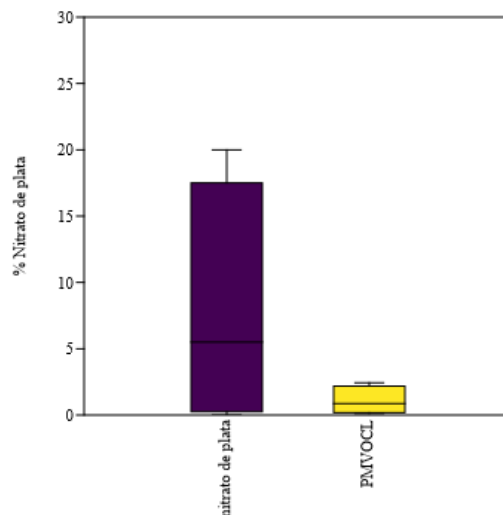
- **Box plot**

En la **Figura 24**, se detalla los datos representados según Box plot, el cual indica el comportamiento de cada uno de los valores, de tal manera demostrando que, a mayor aplicación de nitrato de plata, mayor es la resistencia hacia la formación de compuestos orgánicos volátiles. Determinando que por los valores emitidos de VOC en la muestra 4 antes del lavado es de 0,130 ppm y después del lavado de 0,131 ppm, comprobando de esta manera que es un acabado permanente.

Se deduce que la receta 3 es la óptima, ya que en la **Tabla 10** se puede observar mediante la calificación que se sigue teniendo una cantidad limitada de VOC.

#### **Figura 24**

Gráfica Box plot del resultado de prueba de VOC después del lavado



**Nota.** Las siglas PMVOCL (Prueba de medición de compuestos orgánicos volátiles después del lavado). Fuente: Propia.

#### **4.2.3.3. Análisis comparativo de prueba de VOC y solidez al lavado**

Para el respectivo análisis comparativo de los resultados obtenidos en la prueba de VOC y solidez al lavado se utilizó figuras extraídas del programa estadístico past 4, las que se detallan a continuación:

- **Graph (Line + points)**

En la **Figura 25**, se puede observar cómo actúan las muestras que contienen nitrato de plata en diferentes concentraciones y la que no contiene un acabado, después de ser expuestas a la contaminación, las mismas que fueron tomadas antes y después de ser realizado el lavado.

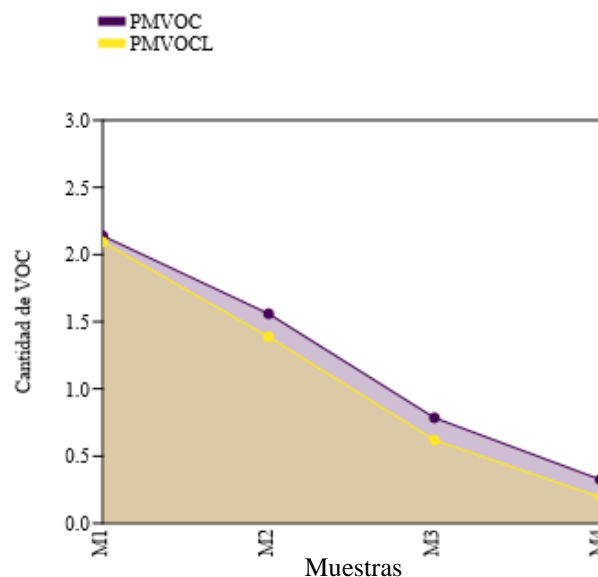
Con este análisis se puede determinar que el nitrato de plata actúa como un agente antibacteriano, ya que las ppm de VOC antes y después del lavado disminuyen considerablemente acorde a la cantidad de nitrato de plata utilizada, considerando como la receta óptima aquella que posee 20% de nitrato de plata y 3g/L de ligante, la cual permite limitar la presencia de bacterias y con ello la disminución del apareamiento de compuestos orgánicos volátiles.

Para lo cual se puede visualizar en el eje de las “Y” la cantidad de compuestos orgánicos volátiles emitidos, en el eje de las “X” se denotan el número de muestra. En la figura se puede observar que la línea morada representa la emisión de VOC antes del lavado equivalente a M1- 2,454 ppm, M2 – 1,510 ppm, M3 – 0,715 ppm y M4 – 0,130 ppm, la línea amarilla hace referencia a la emisión de VOC después del lavado equivalente a M1 – 2,437 ppm, M2 – 1,407 ppm, M5 – 0,319 ppm y M4 – 0,131 ppm.

En relación de las muestras medidas antes del lavado y después del lavado, se puede determinar que en la M1 existió una reducción de 1% de ppm de VOC, en la M2 se redujo un 7% de ppm de VOC, en la M3 se redujo en un 55% y en la M4 se redujo en 0,8%, logrando de esta manera establecer que es un acabado permanente.

### Figura 25

Gráfica Graph (Line+points) de la comparación de muestra antes y después del lavado



**Nota.** Las siglas PMVOC (Prueba de medición de compuestos orgánicos volátiles antes del lavado), PMVOCL (Prueba de medición de compuestos orgánicos volátiles después del lavado).  
Fuente: Propia.

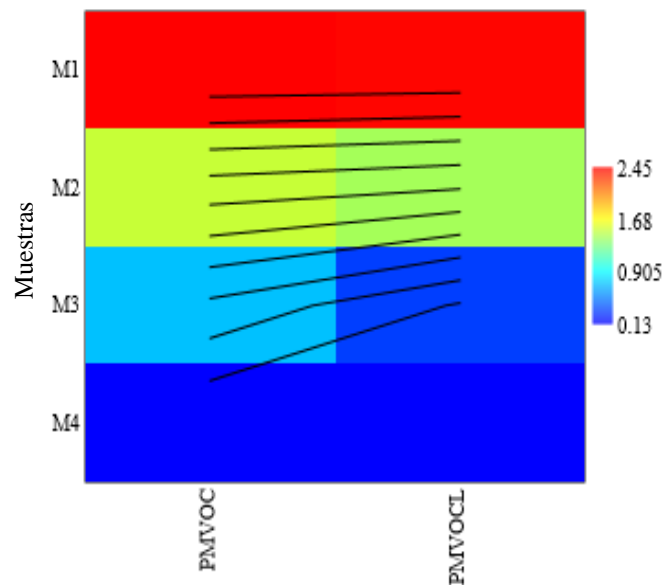
- **Matrix plot**

En la **Figura 26**, se representa de manera visual la correlación entre las emisiones de compuestos orgánicos volátiles de la prueba de VOC y la de solidez al lavado, con lo cual se puede determinar que el acabado realizado es permanente ya que al realizarle la prueba de lavado se obtuvo valores mejorados a los obtenidos en la prueba de VOC.

En la gráfica a su vez por la distinción de colores se puede determinar que el color rojo indica la mayor presencia de compuestos orgánicos volátiles, mientras que el color azul indica menor presencia de VOC, por lo tanto, se puede aseverar que el acabado realizado al tejido es un acabado antibacteriano permanente, ya que al usar el ligante, este formó una red protectora del nitrato de plata en el tejido.

**Figura 26**

Gráfica Matrix plot de la comparación de muestra antes y después del lavado



**Nota.** Las siglas PMVOC (Prueba de medición de compuestos orgánicos volátiles antes del lavado, PMVOCL (Prueba de medición de compuestos orgánicos volátiles después del lavado). Fuente: propia.

- **Box plot**

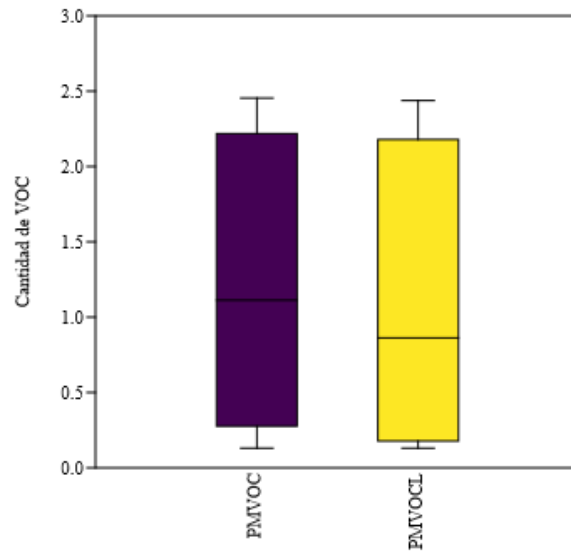
En la **Figura 27**, se puede realizar un análisis de la cantidad de VOC que se emite en cada uno de los ensayos realizados, determinando mediante los bigotes que la cantidad tope oscila por las 2,5ppm mientras que la cantidad limitada se encuentra por debajo de las 0,5ppm.



Por lo tanto, en los dos ensayos se puede apreciar que el acabado realizado es permanente, ya que no se denota mucha variación en los valores obtenidos del antes y después del lavado; como se puede observar mediante los datos numéricos de la **Tabla 11**, en la cual se encuentra de manera más detallada estos.

**Figura 27**

Gráfica Box plot de la comparación de muestra antes y después del lavado



**Nota.** Las siglas PMVOC (Prueba de medición de compuestos orgánicos volátiles antes del lavado, PMVOCL (Prueba de medición de compuestos orgánicos volátiles después del lavado).  
Fuente: Propia.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- La aplicación de nitrato de plata en tejido jersey 100% algodón se da por las características de inhibición bacteriana que posee dicho producto, al ser un derivado de la plata la misma que al ser un metal cumple con los requerimientos antibacterianos, demostrando mediante los ensayos realizados que las propiedades antibacterianas fueron conferidas al tejido jersey de 153g/m<sup>2</sup> de gramaje, el que fue realizado en máquina circular monofontura con un rendimiento de 3,70m/kg.
- En base a información recopilada en diferentes fuentes bibliográficas confiables como: Science Direct, Libro, Springer, se logró ampliar el conocimiento sobre la aplicación del nitrato de plata en textiles, las características antibacterianas que aporta y los beneficios de este en un tejido jersey 100% algodón, permitiendo de esta manera realizar la parte práctica y lograr establecer la receta óptima.
- El proceso de aplicación se lo realizó por el método de agotamiento, utilizando 3 recetas, por lo tanto, se aplicó diferentes concentraciones de nitrato de plata (1%, 10% y 20%) con el objetivo de inhibir el crecimiento de bacterias causantes del mal olor; de la misma manera se utilizó 3g/L de ligante con el fin de formar una película, que al ser aplicados con el nitrato de plata forme una red protectora impidiendo de tal manera la salida del producto, confiriendo al textil un acabado permanente, al aplicar los productos es necesario seguir el orden de la curva de proceso, ya que se puede precipitar el ligante si se altera el mismo, para la aplicación del ligante se utiliza un pH alcalino de 7,5 a una temperatura de 60°C por 10 minutos como se mostró en la **Figura 12**.

- Las muestras fueron sometidas a dos ensayos, prueba de emisión de VOC en ppm y la prueba de solidez al lavado, obteniendo los siguientes resultados, antes del lavado la (M1) sin acabado emitió un valor de 2,454 ppm de VOC en comparación la (M4) que mostró mayor inhibición hacia las bacterias logrando obtener una cantidad limitada de VOC con 0,130 ppm, mientras que después del lavado la (M1) emitió 2,437 ppm de VOC y la (M4) arrojó un valor 0,131 ppm de VOC de igual manera posicionándose en el rango de “Cantidad limitada de VOC”, obteniendo un acabado permanente, debido a que en los datos obtenidos no se pudo evidenciar el incremento en la emisión de VOC, logrando reducir el crecimiento de bacterias en un 95% en consideración de la M1 que es la que no contiene adicionado el acabado.
- Mediante el uso del software estadístico PAST 4 se logró realizar el respectivo análisis de resultados, la normalidad de datos y el análisis de la varianza, determinándose que, a mayor porcentaje de nitrato de plata, la presencia de compuestos orgánicos volátiles disminuye, a su vez con referencia a la normalidad de datos se demuestra que p valor es mayor a 0,05 estableciendo según los métodos Shapiro-Wilk W, Anderson-Darling A, Lilliefors L, Jarque-Bera JB una confiabilidad del 95%.

## **5.2. Recomendaciones**

- Para la realización de los diferentes proyectos de investigación es recomendable realizar la aplicación de nitrato de plata mediante el método de impregnación, ya que por la fácil solubilidad del producto sería una opción de apropiada para la aplicación, pero, a su vez debe existir el respectivo control para que el producto no se precipite.
- Se recomienda la recopilación de información en fuentes bibliográficas confiables, que pueden ser artículos científicos, libros, revistas de páginas verídicas como: Science Direct, Libro, Springer, para de esta manera evitar obtener información errónea al momento de redactar la parte teórica del proyecto de investigación.
- Es recomendable la aplicación de nitrato de plata en textiles oscuros, por las características fotosensibles que tiene dicho producto en presencia de la luz solar, por lo tanto, si la aplicación se lo realiza en tonos claros va a existir variabilidad en la tonalidad de esta, por ello se recomienda realizar estudios referentes a este fenómeno.

- Para la realización de los diferentes ensayos, es importante seguir las normas y procesos, a su vez en el uso del medidor de compuestos orgánicos volátiles realizar la respectiva calibración del equipo y mantener la muestra en la caja cerrada durante 30 minutos para de esta manera obtener las ppm de emisión en cada muestra.
- Finalmente, es recomendable conocer y manipular el software estadístico PAST 4 para la obtención de datos y lograr el respectivo análisis e interpretación de las gráficas que emite el programa.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Amazon. (2022). *Medidor de CO2 interior, monitor de calidad del aire Seesii 4 en 1 formaldehído (HCHO) / CO2 / TVOC / AQI Detector de calidad del aire interior Datos en tiempo real y registro de valor medio para la oficina en casa y varias ocasiones: Amazon.com: Industrial y científico*. [https://www.amazon.com/formaldeh%E3n-detector-interior-grabaci%C3n-ocasion/es/dp/B09BF6QX9H/ref=mp\\_s\\_a\\_1\\_14\\_sspa?crid=1L8STXFEAMPIR&keywords=ppm+voc+meter&qid=1653015295&sprefix=medidor+de+voc+en+ppm,aps,352&sr=8-14-spons&psc=1](https://www.amazon.com/formaldeh%E3n-detector-interior-grabaci%C3n-ocasion/es/dp/B09BF6QX9H/ref=mp_s_a_1_14_sspa?crid=1L8STXFEAMPIR&keywords=ppm+voc+meter&qid=1653015295&sprefix=medidor+de+voc+en+ppm,aps,352&sr=8-14-spons&psc=1)
- Balvín, R., Zea, J., Vera, C., de Los Santos, L., & Talavera, M. (2020). Funcionalización del gel de polisiloxano con nanopartículas de plata y su caracterización. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 86(2), 175–191. <https://doi.org/10.37761/RSQP.V86I2.287>
- Bautista, C. (2022, April 28). *Aplicación de un acabado con lignina de bambú (angustifolia) mediante el método de agotamiento en tejido jersey 100% poliéster para determinar su propiedad antibacteriana*. 2022. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/12379>
- Bayetero, E. (2017). *Utilización del almidón de patatas para impermeabilizar telas pes/co destinadas a mantelería*. 2017. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6448>
- Betancur, C. P., Hernández-Montes, V., & Buitrago-Sierra, R. (2016). Nanopartículas para materiales antibacterianos y aplicaciones del dióxido de titanio. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 16. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03002016000400009&lang=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03002016000400009&lang=es)
- Castillo, C. (2019). *Propuesta de mejora en el proceso de tintura de fibras textiles en poliamida*. 29–33. <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7589/1/6141214-2019-2-IQ.pdf>
- Cernas, D., Mercado, P., & León, F. (2017). Common method variance in the relationship between job satisfaction and life satisfaction. *Estudios Gerenciales*, 33(145), 321–329. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2017.11.004>

- Chen, Y., Liao, Y., Wan, C., Zhang, G., & Zhang, F. (2022). Synthesis of a novel P-N reactive ammonium phosphate-based flame retardant for durable finishing of cotton fabric. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 634, 127967. <https://doi.org/10.1016/J.COLSURFA.2021.127967>
- Chocho, R. (2022). *Aplicación de un acabado con celulosa de bambú (guadua angustifolia), mediante el método de agotamiento en tejido jersey 100% poliéster para determinar su propiedad antibacteriana*. 2022. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/12266>
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador 2008 Decreto Legislativo 0 Registro Oficial*. 136. [www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)
- Forero, L. (2012). *La importancia del uso de ejemplos hipotéticos-deductivos en la enseñanza de las ciencias*. <https://comunidad.udistrital.edu.co/geaf/files/2012/09/2007Vol2No1-003.pdf>
- Google maps. (2022). *Planta Textil UTN - Google Maps*. <https://www.google.com/maps/place/Estadio+UTN,+Ibarra/@0.3788127,-78.1213861,17z/data=!4m5!3m4!1s0x8e2a3b4f62b37d23:0xea99ad1313c1286b!8m2!3d0.3790497!4d-78.1220553>
- IVAMI. (2015, September 17). *Olor corporal, sudoración y bacterias implicadas*. <https://www.ivami.com/es/microbiologia-clinica/2167-olor-corporal-sudoracion-y-bacterias-implicadas>
- Jaguaco, D. (2018). *Incorporación de dióxido de titanio en telas para generar propiedades auto-limpiables*. 35. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19189?locale=de>
- James Heal. (2022). *Wascator*. <https://www.jamesheal.com/instrument/wascator>
- Lockuán, F. (2012a). *IV. La industria textil y su control de calidad. Tejeduría - Google Libros*. 2012. [https://books.google.com.ec/books/about/IV\\_La\\_industria\\_textil\\_y\\_su\\_control\\_de\\_c.html?id=lmHP7oAunq8C&redir\\_esc=y](https://books.google.com.ec/books/about/IV_La_industria_textil_y_su_control_de_c.html?id=lmHP7oAunq8C&redir_esc=y)
- Lockuán, F. (2012b). *VI. La Industria Textil y Su Control de Calidad | PDF | Textiles | Revestimiento*. 2012. <https://es.scribd.com/doc/109081154/VI-La-industria-textil-y-su-control-de-calidad>

- Londoño, Á., Pérez, C., Restrepo, R., Morales, N., Martínez, M., & Morales, D. (2021). Pigmentación exógena por nitrato de plata: aspectos dermatológicos y toxicológicos, a propósito de un caso. *Biomédica*, *41*(2), 234–239. <https://doi.org/10.7705/BIOMEDICA.5876>
- Lopera, J., Ramírez, C., Zuluaga, M., & Ortiz Jénifer. (2010). *El método analítico*. <http://pepsic.bvsalud.org/pdf/rpsua/v2n2/v2n2a8.pdf>
- Mangua, Y. (2019). *Aplicación de un acabado antibacterial en camisetas deportivas 65/35% poliéster/algodón y determinación de su receta optima*. <http://repositorio.utn.edu.ec/jspui/handle/123456789/9214?locale=es>
- Maya, M., González, L., & Restrepo, A. (2017). Compuestos antimicrobiales para textiles y sus métodos de caracterización. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, *16*(31), 33–54. <https://doi.org/10.22395/RIUM.V16N31A2>
- McKee, P., Sokolow, A., Yu, J., Long, L., & Wetzel, E. (2017). Finite element simulation of ballistic impact on single jersey knit fabric. *Composite Structures*, *162*, 98–107. <https://doi.org/10.1016/J.COMPSTRUCT.2016.11.086>
- McLeod, S. (2012). *Experimental Methods in Psychology | Simply Psychology*. <https://www.simplypsychology.org/experimental-method.html>
- Moya, Z., Huamán, A., & Zeballos, C. (2020). Actividad antimicrobiana del Diaminofluoruro de Plata y del Nitrato de Plata en cultivos de *Streptococcus mutans* y *Lactobacillus*. *Revista Estomatológica Herediana*, *30*(3), 239–241. <https://doi.org/10.20453/REH.V30I3.3829>
- Muñoz, L. (2019, October). *Acabados Antimicrobianos en Textiles: Tendencias y Aplicaciones*. 1. <https://revistas.sena.edu.co/index.php/Encuentro/article/view/2766/3326>
- Naseer, Q. A., Xue, X., Wang, X., Dang, S., Din, S. U., Kalsoom, & Jamil, J. (2021). Synthesis of silver nanoparticles using *Lactobacillus bulgaricus* and assessment of their antibacterial potential. *Brazilian Journal of Biology*, *82*. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.232434>
- Nohlen, D. (2020). *El método comparativo*. <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/13/6180/5.pdf>

- Omran, B., & Baek, K. H. (2022). Graphene-derived antibacterial nanocomposites for water disinfection: Current and future perspectives. *Environmental Pollution*, 298, 118836. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2022.118836>
- Popiolski, T. M., Wilimzig, M., & Soldi, V. (2021). Atividade antibacteriana de fibras têxteis contendo nanopartículas de poli (óxido de etileno-*b*-ácido láctico) com óleos essenciais incorporados. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 26(1). <https://doi.org/10.1590/S1517-707620210001.1235>
- Rodríguez, A. (2020). Know your data: Evaluation of normality for continuous variables and tools to deal with non-normal distributions. *Medicina Clínica*, 154(4), 142–145. <https://doi.org/10.1016/J.MEDCLI.2019.05.017>
- Rojas, S. (2016). *Evaluación de las propiedades bactericidas de tejidos impregnados con nanopartículas de plata*. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/15159>
- Rojas, S., Galeas, S., & Guerrero, V. (2017). Improvement of silver nanoparticle impregnation on cotton fabrics using o binder. *Revista Facultad de Ingeniería*, 26(45), 109–119. <https://doi.org/10.19053/01211129.V26.N45.2017.6420>
- Rojas, S., Guerrero, V., & Debut, A. (2015). Propiedad bactericida de telas de algodón impregnados con nanopartículas de plata. *Congreso de Ciencia y Tecnología ESPE*, 10(1), 7–11. [https://www.researchgate.net/publication/277555627\\_Propiedad\\_Bactericida\\_de\\_Telas\\_de\\_Algodon\\_Impregnadas\\_con\\_Nanoparticulas\\_de\\_Plata](https://www.researchgate.net/publication/277555627_Propiedad_Bactericida_de_Telas_de_Algodon_Impregnadas_con_Nanoparticulas_de_Plata)
- Talavera, M., Zea, I., Vera, C., Zea, J., & Benavente, L. (2018). *Aplicación del nanocomposito arcilla - carboximetilquitosano - nanopartículas de plata en filtros para el tratamiento de aguas de consumo de zonas rurales de Camaná, Arequipa*. 2018. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810-634X2018000400010&lang=en](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2018000400010&lang=en)
- Tituaña, T. (2018, May 16). *Aplicación de un acabado textil con alumbre de potasio, en un tejido de punto algodón/poliéster, mediante el proceso de agotamiento para otorgarle propiedades antibacterianas*. 2018. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8201>
- TULSMA. (2017). *Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente*. 407. [www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)



- Ungureanu, C., Ioniță, D., Berteanu, E., Tcacenco, L., Zuav, A., & Demetrescu, I. (2015). Improving Natural Biopolymeric Membranes Based on Chitosan and Collagen for Biomedical Applications Introducing Silver. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 26(3), 458–465. <https://doi.org/10.5935/0103-5053.20150298>
- Universidad Técnica del Norte. (2022). *Universidad Técnica del Norte*. 2022. <https://www.utn.edu.ec/direccion/#1638195159181-36625c2c-87c5>
- Vila, J., Álvarez, M., Buesa, J., & Castillo, J. (2009, August 1). *Microbiological diagnosis of gastrointestinal infections*. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*; Elsevier Doyma. <https://doi.org/10.1016/J.EIMC.2008.11.009>
- Visarrea, S. (2018). *Estudio comparativo del grado de transpirabilidad de la humedad en fibras de bambú y algodón*. 23-Abril-2018. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8134>

# ANEXOS

## Anexo 1

### Ficha de seguridad del nitrato de plata


#### Fichas Internacionales de Seguridad Química

#### NITRATO DE PLATA

ICSC: 1116

						
<p>NITRATO DE PLATA AgNO<sub>3</sub> Masa molecular: 169.9</p>						
<p>Nº CAS 7761-88-8 Nº RTECS VV4725000 Nº ICSC 1116 Nº NU 1493 Nº CE 047-001-00-2</p>						

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
<b>INCENDIO</b>	No combustible, pero facilita la combustión de otras sustancias.	NO poner en contacto con sustancias combustibles e incompatibles tales como, acetileno, álcalis, haluros y otros compuestos.	En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores.
<b>EXPLOSION</b>			En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
<b>EXPOSICION</b>		¡HIGIENE ESTRICTA! ¡EVITAR LA EXPOSICION DE ADOLESCENTES Y NIÑOS!	
• <b>INHALACION</b>	Sensación de quemazón, tos, dificultad respiratoria.	Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo y proporcionar asistencia médica.
• <b>PIEL</b>	Enrojecimiento, quemaduras cutáneas, dolor.	Guantes protectores y traje de protección.	Aclarar con agua abundante, después quitar la ropa contaminada y aclarar de nuevo y proporcionar asistencia médica.
• <b>OJOS</b>	Enrojecimiento, dolor, pérdida de visión, quemaduras profundas graves.	Pantalla facial o protección ocular combinada con la protección respiratoria, si se trata de polvo.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
• <b>INGESTION</b>	Dolor abdominal, sensación de quemazón, debilidad.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca, NO provocar el vómito y proporcionar asistencia médica.

DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente precintable, eliminar el residuo con agua abundante, NO absorber en serrín u otros absorbentes combustibles, NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. (Protección personal adicional: traje de protección completo incluyendo equipo autónomo de respiración).	Separado de sustancias combustibles, orgánicas e incompatibles tales como, acetileno, álcalis, halureos y otros compuestos. Mantener en lugar fresco, oscuro, y bien ventilado.	Envase irrompible; colocar el envase frágil dentro de un recipiente irrompible cerrado. símbolo C símbolo N R: 34-50/53 S: (1/2-)26-45-60-61 Clasificación de Peligros NU: 5.1 Grupo de Envasado NU: II CE: 

VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE


ICSC: 1116

Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994

## Fichas Internacionales de Seguridad Química

## NITRATO DE PLATA

ICSC: 1116

<b>D A T O S  I M P O R T A N T E S</b>	<b>ESTADO FÍSICO; ASPECTO</b> Cristales, incoloros o blancos, inodoros.	<b>VIAS DE EXPOSICION</b> La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol y por ingestión.
	<b>PELIGROS FÍSICOS</b>	<b>RIESGO DE INHALACION</b> La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire por pulverización o cuando se dispersa, especialmente si está en forma de polvo.
	<b>PELIGROS QUÍMICOS</b> Se forman compuestos inestables frente al choque. La sustancia se descompone al calentarla intensamente, produciendo humos tóxicos de óxidos de nitrógeno. La sustancia es un oxidante fuerte y reacciona violentamente con materiales combustibles y reductores. Reacciona con sustancias incompatibles tales como, acetileno, álcalis, haluros y otros compuestos, originando peligro de incendio y explosión. Ataca a algunas formas de plásticos, caucho y recubrimientos. La sustancia se descompone en contacto co13400&127;LÍMITES DE EXPOSICION	<b>EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION</b> La sustancia es corrosiva para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosivo por ingestión.
	<b>LÍMITES DE EXPOSICION</b> TLV (como TWA): 0.01 mg/m <sup>3</sup> (como Ag) (ACGIH 1995-1996). MAK : no establecido.	<b>EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA</b> La sustancia puede afectar a la sangre, dando lugar a la formación de metahemoglobina. La inhalación o ingestión puede conducir a una argiria generalizada, caracterizada por una pigmentación gris de la piel y uñas marrones.
<b>PROPIEDADES FÍSICAS</b>	Se descompone por debajo del punto de ebullición a 444°C Punto de fusión: 212°C	Densidad relativa (agua = 1): 4.3 a 19°C Solubilidad en agua: Muy elevada
<b>DATOS AMBIENTALES</b>	Esta sustancia puede ser peligrosa para el ambiente; debería prestarse atención especial a los peces.	
<b>NOTAS</b>		
En caso de envenenamiento con esta sustancia es necesario realizar un tratamiento específico; así como disponer de los medios adecuados junto las instrucciones respectivas. NO llevar a casa la ropa de trabajo. Enjuagar la ropa contaminada con agua abundante (peligro de incendio).		
Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-51G02 Código NFPA: H 1; F 0; R 0; oxy		
<b>INFORMACION ADICIONAL</b>		
FISQ: 4-153 NITRATO DE PLATA		
<b>ICSC: 1116</b>		<b>NITRATO DE PLATA</b>
© CCE, IPCS, 1994		
<b>NOTA LEGAL IMPORTANTE:</b>	Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea, actualizado a la vigésima adaptación de la Directiva 67/548/CEE traspuesta a la legislación española por el Real Decreto 363/95 (BOE 5.6.95).	

## Anexo 2

### Ficha Técnica del ligante

#### FICHA TÉCNICA DE PRODUCTO

#### NOVAPRINT® FSH

Revisado/Aprobado por: Investigación y Desarrollo

Última revisión: 08/06/2012



#### DESCRIPCION GENERAL DEL PRODUCTO

NOVAPRINT® FSH es una dispersión acrílica pura, auto reticulable, de tamaño de partícula fino.

#### PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS

Propiedad	Unidad	Mínimo	Máximo
Aspecto	Líquido blanco con tonalidad azulosa-verdosa		
Contenido de sólidos 135°C, 30 min	%	39	41
pH (directo)	Adim	6	8
Viscosidad Brookfield, 60 rpm	cps	50	250

Para aclaración de estas especificaciones y/o mayores datos técnicos favor contactar con nuestra área técnica y/o comercial.

#### APLICACIÓN Y ASPECTOS GENERALES

El ligante NOVAPRINT® FSH permite conseguir estampados particularmente suaves y de muy buenas solidesces.

NOVAPRINT® FSH es aplicable en pastas pigmentarias sin varsol y con bajo contenido del mismo. Cantidades de varsol superiores a 200 g/Kg. deterioran el tacto.

NOVAPRINT® FSH puede usarse en estampación directa por reserva o por corrosión. En el caso de la estampación directa puede ser en color, en blanco cubriente, etc.

NOVAPRINT® FSH contiene la dosis necesaria de biocida para su preservación durante el almacenamiento a las condiciones indicadas abajo (ver ALMACENAMIENTO). Si las condiciones no son adecuadas se deben poner dosis adicionales. La dosis adicionada es insuficiente para dar garantía de estabilidad en las mezclas finales de usuario con otros componentes y por ello se recomienda formularlas también con biocida.

#### FÓRMULAS GENERALES ORIENTATIVAS

Pasta Madre para tejidos de algodón, viscosa.

COMPONENTE	Sin Varsol	Con Varsol
Agua	Restante	Restante
Amoníaco (25%)	1 - 2 g.	1 - 2 g.
NOVAPRINT FSH	70 - 180 g.	70 - 180 g.
NOVAPRINT P (*)	4 - 8 g.	4 - 8 g.
Varsol	----	50 - 200 g.
Espesante NOVAPRINT TC ULTRA R	14 - 16 g.	11 - 14 g.
Total	1000 g.	1000 g.

Pasta Madre para toalla y género de punto.

COMPONENTE	Sin Varsol	Con Varsol
Agua	Restante	Restante
Amoniaco (25%)	1 - 2 g.	1 - 2 g.
NOVAPRINT FSH	75 - 100 g.	75 - 100 g.
NOVAPRINT P (*)	4 - 8 g.	4 - 8 g.
Varsol	----	75 - 100 g.
Espesante NOVAPRINT TC ULTRA R	10 - 11 g.	7 - 10 g.
Total	1000 g.	1000 g.

(\*) Perfilante para uso en poliéster 100%, poliéster - algodón, poliéster - viscosa.

Para estampación pigmentaria sobre poliéster-algodón, poliéster/viscosa y/o celulosa regenerada se hace necesario el uso de 5-10g/Kg. de fijador NOVAPRINT® ME al momento de adicionar el pigmento a la pasta madre, con el fin de mejorar las solidez.

Eventualmente úsese 1-2 g/Kg. de emulsionante.

Los componentes se adicionan en el orden que aparece arriba.

Si se requiere almacenar pasta preparada por largo tiempo, se debe evitar la formación de nata en la superficie. Esto se consigue cerrando los recipientes herméticamente. Prácticas comunes son la utilización de una hoja de plástico y una banda elástica para cerrar el tambor o la adición de capa delgada de varsol sobre la pasta la cual sería compatible con la misma y se podría incorporar fácilmente por agitación cuando va a ser usada.

El pH de la pasta debe estar en el intervalo 8-8.5. Ajústese con amoníaco al 25% cuando sea necesario y verifíquese el pH después de almacenamientos prolongados durante los cuales se presentan pérdidas por evaporación.

## RECOMENDACIONES BÁSICAS

Con NOVAPRINT® FSH ténganse en cuenta las medidas usuales de manejo de productos químicos. Evítese el contacto con las mucosas o contactos prolongados con la piel. La manipulación en grandes cantidades debe hacerse en lugar ventilado.

## CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO Y TIEMPO DE VERIFICACIÓN

NOVAPRINT® FSH se despacha en tambores de 200 Kg o a granel según los requerimientos.

NOVAPRINT® FSH se debe almacenar en lugares frescos, no sujetos a temperatura de congelamiento y recipientes con cierre hermético. En lo posible se debe evitar la manipulación o inmersión de objetos que puedan contaminar o inocular micro organismos. Para almacenamiento en tanques es aconsejable aplicar una atmósfera con formol.

PRECAUCIONES

Página 2 de 3



### Anexo 3

#### Aplicación de nitrato de plata



Preparación de los productos



Pesaje de los productos



Colocación de productos y tejido para proceso de agotamiento



Proceso de agotamiento



Proceso de secado a 105°C

## Anexo 4

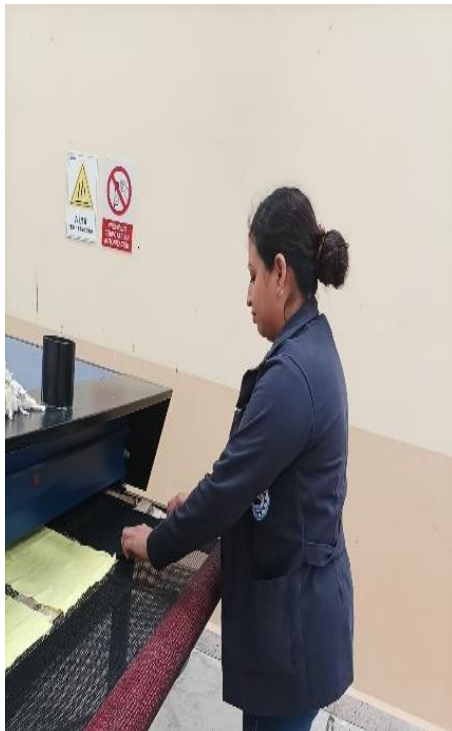
### Medición de emisión de VOC

 <p>Contaminación de las muestras</p>	 <p>Reposo de las muestras después de la contaminación</p>												
 <p>Medición de la emisión de VOC en cada una de las muestras</p>	<table border="1"><thead><tr><th>Muestra 1</th><th>Muestra 2</th><th>Muestra 3</th><th>Muestra 4</th></tr></thead><tbody><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>2,4554 ppm</td><td>1,510 ppm</td><td>0,715 ppm</td><td>0,130 ppm</td></tr></tbody></table> <p>Valores de VOC de las cuatro muestras.</p>	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4					2,4554 ppm	1,510 ppm	0,715 ppm	0,130 ppm
Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4										
													
2,4554 ppm	1,510 ppm	0,715 ppm	0,130 ppm										

## Anexo 5

### Prueba de solidez al lavado

 <p>Ingreso de tejido con contrapeso al wascator</p>	 <p>Proceso de lavado</p>
---	---



Proceso de secado de las muestras



Contaminación de las muestras después del lavado



Verificación de las emisiones de VOC

Muestra 1

Muestra 2

Muestra 3

Muestra 4



2,437 ppm

1,407 ppm

0,319 ppm

0,131 ppm

Valores de VOC de las cuatro muestras después del lavado y segunda contaminación



## Anexo 6

### Certificado de Laboratorio



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## LABORATORIO DE PROCESOS TEXTILES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA TEXTIL



Ibarra, 02 de febrero del 2023

### CERTIFICADO DE LABORATORIO

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

#### CERTIFICO

Que la señorita JARA QUIÑONEZ CARMEN ELIZABETH, portadora de la cédula de ciudadanía N° 100402915-1, ha realizado ensayos de laboratorio referentes al Proyecto de Trabajo de Grado titulado "APLICACIÓN DE NITRATO DE PLATA EN TEJIDO JERSEY 100% ALGODÓN PARA CONFERIR PROPIEDADES ANTIBACTERIANAS", los equipos utilizados en el laboratorio son:

- EQUIPO AIR QUALITY DETECTOR – Norma interna establecida Medidor de calidad de aire en interiores.
- WASCATOR – Norma ISO 6330 Métodos de lavado y secado doméstico en ensayos de textiles.
- AUTOCLAVE
- BALANZA ELECTRÓNICA

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

Atentamente:



ING. GUALOTO FAUSTO M.

RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE PROCESOS TEXTILES – CTEX