



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA TEXTIL

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

TEMA:

**“ANÁLISIS DE LA HIGUERILLA (RICINUS COMMUNIS) COMO ACABADO
ANTIBACTERIAL EN TEJIDO PLANO 100% ALGODÓN POR EL MÉTODO DE
IMPREGNACIÓN”**

AUTOR:

JOSELYN GISSELE QUELAL TULCANAZA

DIRECTOR:

MSc. ELSA SULAY MORA MUÑOZ

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 | | |
|-----------------------------|--|-----------------------------------|
| CÉDULA DE IDENTIDAD: | 1004575781 | |
| APELLIDOS Y NOMBRES: | Quelal Tulcanaza Joselyn Gissele | |
| DIRECCIÓN: | Ibarra- Barrio "Las Palmas" | |
| EMAIL: | jgquelalt@utn.edu.ec | |
| TELÉFONO FIJO: | 2607424 | TELÉFONO MÓVIL: 0993385104 |

| DATOS DE LA OBRA | |
|--------------------------------|--|
| TÍTULO: | "ANÁLISIS DE LA HIGUERILLA (RICINUS COMMUNIS) COMO ACABADO ANTIBACTERIAL EN TEJIDO PLANO 100% ALGODÓN POR EL MÉTODO DE IMPREGNACIÓN" |
| AUTOR: | Joselyn Gissele Quelal Tulcanaza |
| FECHA: | 27 de abril de 2023 |
| PROGRAMA: | <input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO |
| TÍTULO POR EL QUE OPTA: | Ingeniera Textil |
| ASESOR/ DIRECTOR: | MSc. Elsa Mora |

2. CONSTANCIA

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

Ibarra, 27 de abril de 2023.

LA AUTORA



Joselyn Gissele Quelal Tulcanaza

C.C 1004575781



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR

En mi calidad de director del Trabajo de Grado presentado por la egresada **Joselyn Gissele Quelal Tulcanaza**, para optar el título de **INGENIERA TEXTIL**, cuyo tema es **“ANÁLISIS DE LAHIGUERILLA (RICINUS COMMUNIS) COMO ACABADO ANTIBACTERIAL EN TEJIDO PLANO 100% ALGODÓN POR EL MÉTODO DE IMPREGNACIÓN”**, 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, 01 de marzo del 2023

.....
MSc. ELSA SULAY MORA MUÑOZ
DIRECTOR DE TESIS

DEDICATORIA

Este trabajo realizado con mucho esfuerzo va dedicado principalmente para mi familia, quienes han sido el motor de mi vida, aquellas personas que me han ayudado a no rendirme, y luchar por lo que quiero hasta el final.

A mi madre quien ha sido la luz y guía a lo largo de mi vida, quien me apoyado sin dudar de ninguna manera todos los logros y triunfos que podría llegar a alcanzar. Te Amo Mami.

A mi padre una persona muy trabajadora que, ayudado sin dudar a lo largo de mi camino estudiantil, y quien ha estado para darme consejos con su sabiduría para no desanimarme y seguir luchando hasta conseguir mi título. Te amo Papi.

A mi hermana quien ha estado conmigo en cada una de las desveladas dándome su apoyo incondicional y su ánimo para que no decaiga en lograr cumplir mis sueños, logrando así ser mi compañera de vida quien ha estado en las buenas y malas. Te Amo Ñaña.

A Calum quien ha sido el compañero más fiel en todas las adversidades, quien ha estado sin tener que recibir nada a cambio, hay palabras que nos cambian la vida, pero hay ladridos que nos cambian el alma. Te Amo.

Y de manera especial a Dios quien mientras más difícil se haga el camino, el multiplicara mis fuerzas.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme fuerzas y valor para seguir adelante y luchando día a día por lograr cumplir cada una de mis metas, por no dejarme caer y ayudarme a no rendirme.

A mi familia que ha sido el pilar fundamental de mi vida tanto en los estudios como en la vida diaria, gracias a ellos soy la persona llena de vida, amor y valores que han forjado en mí, gracias por cada empujón que me llevaba un paso más a lograr conseguir mi título universitario.

A mi enamorado gracias por entenderme en todo momento, gracias a él porque es un apoyo incondicional en mi vida, quien, con sus consejos, sus ánimos y su cariño supo encaminarme por el camino que me llevará a conseguir cada uno de mis sueños.

A mis docentes de la universidad gracias por cada una de sus enseñanzas, por cada una de sus palabras que durante mis estudios lograban dar ánimo a no desmayar, en especial a la MSc. Elsa Mora quien ha sido mi tutora de tesis y me ha guiado con paciencia y sabiduría para lograr culminar mi trabajo de grado.

A mis compañeros quienes han logrado compartir conmigo varios momentos de felicidad a lo largo de nuestra carrera estudiantil que se quedarán conmigo el resto de mi vida, en especial a Mónica quien ha sido una gran amiga, con quien siempre pude contar y tener su apoyo incondicional.

Y sobre todo gracias a la gloriosa Universidad Técnica del Norte por permitirme recibir un sinfín de conocimientos, enseñanzas, aprendizajes, amistades que llevare como recuerdo en mi corazón.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA | ii |
| DEDICATORIA | v |
| AGRADECIMIENTO | vi |
| ÍNDICE DE CONTENIDO | vii |
| CAPÍTULO I | 1 |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. Descripción del tema | 1 |
| 1.2. Antecedentes | 1 |
| 1.3. Importancia del estudio | 2 |
| 1.4. Objetivo general | 3 |
| 1.5. Objetivos específicos a alcanzar | 3 |
| 1.6. Características del sitio del proyecto | 3 |
| CAPÍTULO II | 5 |
| ESTADO DEL ARTE | 5 |
| 2.1. Estudios previos | 5 |
| 2.1.1. Higuerilla | 5 |
| 2.1.2. Tejido de algodón | 7 |
| 2.1.3. Acabados antibacteriales | 7 |
| 2.2. Marco legal | 8 |
| 2.2.1. Constitución de la República del Ecuador | 8 |
| 2.2.2. Líneas de investigación de la Universidad | 9 |
| 2.3. Marco Conceptual | 10 |
| 2.3.1. Higuerilla “(<i>Ricinus communis</i>)” | 10 |
| 2.3.2. Composición de la Higuerilla | 10 |
| 2.3.3. Generalidades de la Higuerilla | 12 |

| | |
|--|----|
| 2.3.4. Propiedades..... | 12 |
| 2.3.5. Propiedades antibacteriales..... | 13 |
| 2.3.5.1. Agente Antibacterial | 13 |
| 2.3.5.2. Acabado antibacterial..... | 13 |
| 2.3.5.3. Objetivos del acabado antibacterial | 13 |
| 2.3.5.4. Aplicación del acabado | 14 |
| 2.3.6. Sudor/Bacterias | 15 |
| 2.3.6.1. Sudor | 15 |
| 2.3.6.2. Características Generales..... | 16 |
| 2.3.6.3. Mal olor corporal | 17 |
| 2.3.7. Bacterias..... | 17 |
| 2.3.7.1. Definición | 17 |
| 2.3.7.2. Tamaño..... | 17 |
| 2.3.7.3. Morfología..... | 18 |
| 2.3.7.4. Estructura bacteriana..... | 18 |
| 2.3.7.5. Clasificación..... | 19 |
| 2.3.8. Método de impregnación | 20 |
| 2.3.8.3. Variables del proceso | 21 |
| 2.3.9. Ligante..... | 23 |
| • Propiedades..... | 23 |
| 2.3.10. Sensor electroquímico | 24 |
| 2.3.10.1. Sensor..... | 24 |
| 2.3.10.2. Air Quality Logger | 24 |
| 2.3.11. Compuestos Orgánicos Volátiles..... | 25 |
| 2.3.11.1. Características VOC | 25 |

| | |
|--|----|
| 2.3.11.2. Partes por millón PPM..... | 26 |
| 2.3.12. Prueba de solidez al lavado | 26 |
| 2.3.13. Norma ISO 6330 | 27 |
| 2.3.14. Electrolux Wascator FOM 71 CLS..... | 27 |
| CAPÍTULO III | 28 |
| METODOLOGÍA | 28 |
| 3.1. Tipos de investigación..... | 28 |
| 3.1.1. Investigación analítica..... | 28 |
| 3.1.2. Investigación experimental..... | 28 |
| 3.2. Flujograma de procesos del acabado antibacterial..... | 29 |
| 3.2.2. Flujograma muestral..... | 30 |
| 3.3. Equipos y parámetros..... | 31 |
| 3.4. Proceso: Impregnación..... | 33 |
| 3.4.1. Definición | 33 |
| 3.4.2. Métodos de impregnación..... | 34 |
| 3.5. Proceso de descrude y blanqueo químico | 35 |
| 3.6. Proceso de extracción Higuierilla | 37 |
| 3.7. Pruebas composición del tejido | 38 |
| 3.7.1. Prueba de combustión..... | 38 |
| 3.7.2. Prueba de microscopio..... | 39 |
| 3.7.3. Prueba de disolución | 39 |
| 3.7.4. Densidad del tejido | 40 |
| 3.8. Pruebas de aplicación del acabado | 40 |
| 3.8.1. Preparación de la solución para el acabado..... | 41 |
| 3.8.2. Recetas..... | 41 |
| 3.9. Ensayos del comportamiento del acabado | 43 |

| | |
|--|-----------|
| 3.9.1. Prueba de medición de los compuestos orgánicos volátiles | 44 |
| 3.9.2. Prueba de solidez al lavado: Lavado tipo A..... | 44 |
| CAPÍTULO IV | 46 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS..... | 46 |
| 4.1. Resultados de las pruebas | 46 |
| 4.1.1. Resultados de la medición de las ppm | 46 |
| 4.1.2. Calificación VOC..... | 48 |
| 4.1.3. Resultados de la solidez al lavado | 51 |
| 4.1.4. Resultados general..... | 56 |
| 4.2. Discusión de resultados..... | 57 |
| 4.1.5. Normalidad de los datos | 58 |
| 4.1.6. Evaluación de resultados | 58 |
| CAPÍTULO V | 69 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 69 |
| 5.1. Conclusiones | 69 |
| 5.2. Recomendaciones | 70 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 72 |
| ANEXOS..... | 77 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. <i>Caracterización del sitio del Proyecto</i> | 4 |
| Figura 2. <i>Planta de Higuerilla</i> | 10 |
| Figura 3. <i>Estructura de la bacteria</i> | 19 |
| Figura 4. <i>Método de impregnación</i> | 21 |
| Figura 5. <i>Estructura básica del funcionamiento de un sensor</i> | 24 |
| Figura 6. <i>Sensor electroquímico</i> | 25 |
| Figura 7. <i>Lavadora para ensayos Electrolux Wascator FOM 71 CLS</i> | 27 |
| Figura 8. <i>Flujograma general</i> | 29 |
| Figura 9. <i>Flujograma muestral</i> | 30 |
| Figura 10. <i>Curva de descrude y blanqueo químico</i> | 35 |
| Figura 11. <i>Vista longitudinal 100x</i> | 39 |
| Figura 12. <i>Datos presencia VOC antes del lavado</i> | 48 |
| Figura 13. <i>Calificación de la calidad del aire antes del lavado</i> | 51 |
| Figura 14. <i>Datos presencia VOC después del lavado</i> | 53 |
| Figura 15. <i>Calificación de la calidad del aire después del lavado</i> | 55 |
| Figura 16. <i>Resultados generales de medición de VOC</i> | 57 |
| Figura 17. <i>Análisis de normalidad de datos</i> | 58 |
| Figura 18. <i>Comparación de los VOC antes y después del lavado</i> | 60 |
| Figura 19. <i>Análisis de rango de calidad de aire</i> | 61 |
| Figura 20. <i>Diagrama de Pareto estandarizada para medición de VOC</i> | 63 |
| Figura 21. <i>Índice de efectividad del acabado antibacterial AL</i> | 65 |
| Figura 22. <i>Índice de efectividad del acabado antibacterial DL</i> | 67 |
| Figura 23. <i>Comparación de Íef antes y después del lavado</i> | 68 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. <i>Partes de la Higuera</i> | 11 |
| Tabla 2. <i>Composición Química de la higuera</i> | 11 |
| Tabla 3. <i>Información taxonómica</i> | 12 |
| Tabla 4. <i>Morfología de las bacterias</i> | 18 |
| Tabla 5. <i>Equipos y materiales para el proceso de extracción</i> | 31 |
| Tabla 6. <i>Equipos para el proceso de impregnación</i> | 32 |
| Tabla 7. <i>Equipos para pruebas de laboratorio</i> | 33 |
| Tabla 8. <i>Auxiliares de extracción y blanqueo químico</i> | 36 |
| Tabla 9. <i>Características físicas</i> | 37 |
| Tabla 10. <i>Características de la prueba de combustión</i> | 38 |
| Tabla 11. <i>Peso de muestras</i> | 40 |
| Tabla 12. <i>Parámetros del proceso de impregnación</i> | 41 |
| Tabla 13. <i>Solución para el acabado</i> | 41 |
| Tabla 14. <i>Receta con la solución #1</i> | 42 |
| Tabla 15. <i>Receta con la solución #2 de acabado</i> | 42 |
| Tabla 16. <i>Receta con la solución #3 de acabado</i> | 43 |
| Tabla 17. <i>Receta con la solución #4 de acabado</i> | 43 |
| Tabla 18. <i>Exposición de las muestras a transpirabilidad</i> | 44 |
| Tabla 19. <i>Condiciones para prueba de solidez al lavado doméstico</i> | 45 |
| Tabla 20. <i>Resultados de la medición de VOC</i> | 47 |
| Tabla 21. <i>Calificación de las ppm del aire</i> | 49 |
| Tabla 22. <i>Detalle de las ppm en las muestras sin lavado</i> | 50 |
| Tabla 23. <i>Resultados de los VOC después del lavado</i> | 52 |
| Tabla 24. <i>Detalle de las ppm en las muestras después del lavado</i> | 54 |
| Tabla 25. <i>Medición general de VOC</i> | 56 |
| Tabla 26. <i>Medición general de VOC</i> | 59 |
| Tabla 27. <i>Tasa porcentual de crecimiento de bacterias %</i> | 61 |
| Tabla 28. <i>Índice de efectividad del acabado antibacterial AL</i> | 64 |
| Tabla 29. <i>Índice de efectividad del acabado antibacterial DL</i> | 66 |

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal la obtención de un acabado antibacterial elaborado con extracto de higuera *Ricinus Communis*, en un tejido plano 100% algodón, mediante el método de impregnación; el cual posteriormente será valorado en un medidor de calidad de aire VOC y evaluado bajo la norma ISO 6330:2012.

En cuanto al desarrollo de esta investigación, se determinó el uso de cuatro diferentes soluciones, de modo que, se utilizó dosificaciones de 100 ml y 800ml de higuera con una dosificación de ligante de 2ml y 5 ml; un pick up aproximado del 85% y una temperatura de secado se 100° C durante 20 minutos. Producto de esto, se obtuvieron 15 muestras: 3 con 100ml de higuera, 3 con 800ml de higuera, estas dos con ligante a 2ml y 3 con 100ml de higuera, 3 con 800ml de higuera, estas dos últimas con ligante a 5ml/L, las muestras fueron sometidas a la prueba de sudoración que se realizó en un deportista, con el fin de obtener resultados más exactos. Para posterior realizar la medición de los compuestos orgánicos volátiles presentes en las muestras; después de realizar este procedimiento las muestras fueron sometidas al lavado bajo la norma ISO 6330:2012, y expuestas nuevamente a la contaminación por transpiración para evaluar la eficacia del acabado.

Se determinó que a mayor dosificación (ml/L) de extracto de higuera y ligante impregnado en el sustrato textil, las propiedades antibacteriales aumentan dando un mejor resultado como la muestra M12 con 800ml/L y 5 ml/L de ligante la cual tiene un crecimiento de bacterias del 12% y propiedad antibacterial del 88%, y la muestra N13 con 800ml/L y 5 ml/L la cual tiene crecimiento de 8% y una propiedad antibacterial del 92%, dando como resultado un 90% de efectividad del acabado inhibiendo el crecimiento de bacterias, de tal manera disminuyendo los VOC que tienden a proliferarse a partir de la composición de las bacterias generadas por el sudor al contacto con el cuerpo.

Finalmente, con los datos obtenidos, fueron sometidos a un análisis estadístico en el software PAST4, obteniendo una confiabilidad superior al 95%, dando como resultado que las muestras con 100ml y 800ml con extracto de higuera y ligante a 5ml/L presentaron un mejor conteo de ppm resultando ser las mejores muestras.

ABSTRACT

The main objective of this research is to obtain an antibacterial finish made with “*Ricinus Communis*” fig extract, on a 100% cotton flat fabric, by means of the impregnation method, which will later be evaluated in a VOC air quality meter and assessed under the ISO 6330:2012 standard.

As for the development of this research, four different solutions were used, so that, dosages of 100 ml and 800ml of higuierilla were used with a binder dosage of 2ml and 5 ml ; an approximate pick up of 85% and a drying temperature of 100° C for 20 minutes. As a result, 15 samples obtained: 3 with 100ml of higuierilla, 3 with 800ml of higuierilla, these two with 2mL binder and 3 with 100ml of higuierilla, 3 with 800ml of higuierilla, these last two with 5ml/L binder. The samples were subjected to the sweat test carried out on an athlete, to obtain more accurate results. Subsequently, the volatile organic compounds found in the samples were measured; after this procedure, the samples were subjected to washing under ISO 6330:2012, and again exposed to contamination by perspiration to evaluate the effectiveness of the finish.

It was determined that the higher the dosage (ml/L) of higuierilla extract and binder impregnated in the textile substrate, the higher the antibacterial properties increase giving a better result as sample M12 with 800ml/L and 5 ml/L of binder which has a bacterial growth of 12% and antibacterial property of 88%, and sample N13 with 800ml/L and 5 ml/L which has a bacterial growth of 8% and an antibacterial property of 92%, resulting in 90% effectiveness of the finish in inhibiting the growth of bacteria, thereby decreasing the VOCs that tend to proliferate from the composition of the bacteria generated by the sweat in contact with the body.

Finally, the data obtained were subjected to statistical analysis in PAST4 software, obtaining bringing a reliability of over 95%, with the result that the samples with 100ml and 800ml with higuierilla extract and binder at 5ml/L presented a better ppm count, making them the best samples.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción del tema

En la industria textil existen diferentes tipos de acabados que pueden ser: químicos, físicos, mecánicos, entre otros; este tipo de investigación surge de acuerdo a la necesidad de innovar y buscar alternativas que ayuden a que los diferentes textiles tengan mejores usos y propiedades, es así que el presente proyecto de investigación, está enfocado en realizar un acabado antibacterial mediante la aplicación de la higuera (*Ricinus communis*) en tejido plano 100% algodón por el método de impregnación.

El procedimiento que se realiza busca obtener un tejido que tenga propiedad antibacterial utilizando el zumo de la planta comúnmente conocida como hierba mala, logrando así darle un uso que beneficie a las personas al momento de utilizar este tejido, para este proceso se utilizan equipos de laboratorio, los cuales permitirán observar y analizar los resultados obtenidos, se utiliza diferentes normas con las cuales se trabaja dentro de los parámetros establecidos por las mismas, este proceso se lo realiza por el método de impregnación con la ayuda de un ligante para que el acabado se adhiera al tejido, logrando darle al sustrato textil un valor agregado, y ayudar al ambiente utilizando productos que no sean tóxicos tanto para la persona que los vaya a usar como para el ambiente, dando así paso a nuevas investigaciones con productos que sean innovadores y naturales.

1.2. Antecedentes

Los tejidos antibacteriales a lo largo de los años han logrado ser un campo de investigación innovador e interesante en el cual, se pueden obtener prendas textiles con un valor agregado las cuales, hacen que sean más confortables, es así como Iles (2020) afirma que “un acabado textil se define como el proceso de dar embellecimiento y utilidad final a las telas” (pág. 26). De tal manera otorgando un beneficio a la tela, sea benéfico y que ayude a la persona que lo use.

Lockuán Lavado (2012) dice que “Los principios activos que limitan el crecimiento de la población de microorganismos se conocen como antimicrobianos. Puede distinguirse entre aquellos que tienen un efecto bacteriostático, es decir, que limitan el crecimiento, y los que tienen

un efecto bactericida (o mortal)”. Logrando de esta manera que el tejido que se vaya a usar empleando un acabado antibacterial aporte a que se limite el crecimiento de estas bacterias, las cuales influyen en el mal olor y la incomodidad de la persona.

Para la aplicación del acabado se realiza mediante la extracción del zumo de la higuera, González (2019) afirma que “En el caso de búsqueda de sustancias para la comprobación de actividad biológica, la extracción del material vegetal debe hacerse en agua o con solución disotónica (0.9 % NaCl) (pág. 26). La extracción del zumo de la planta es muy importante, ya que con esto se realiza el acabado que se va a aplicar mediante el método de impregnación. Lockuán Lavado (2012) afirma que es “el proceso en el que consiste el uso de medios mecánicos, humectación por impregnación y exprimido en el que el baño se distribuye homogéneamente sobre la tela”, con la ayuda de un ligante se obtiene una mejor adherencia del zumo al sustrato textil, en este caso tejido plano 100%. El método utilizado en la investigación es el procesos de impregnación, se aplica presiones entre 80 a 100 psi con la finalidad de obtener un porcentaje de impregnación del 80%. Para el proceso de impregnación se debe tener en cuenta algunas variables como son: temperatura, presión, etc,

Para la obtención de los resultados se utiliza equipos de laboratorio, el VOC es un equipo que mide las ppm de los compuestos orgánicos volátiles, Arellano (2017) afirma que “para la obtención de resultados se deben colocar las muestras en el interior de una cámara cerrada de 40cm x 30 cm para que la cantidad de VOC pueda concentrarse y su monitoreo sea más exacto”

Con los resultados obtenidos se verifica si el acabado antibacterial puede o no ser aplicable en prendas y si ayuda a la mitigación de bacterias, ayudando así a darle un beneficio a la prenda y al consumidor de esta.

1.3. Importancia del estudio

En la presente investigación se utiliza el extracto de higuera conocida comúnmente como “*Ricinus Communis*”, para obtener un acabado antibacterial en un tejido plano 100% algodón mediante el proceso de impregnación, consiguiendo así minimizar el impacto que causa la utilización de acabados con químicos que pueden ser tóxicos al momento de ser utilizados, el propósito de la investigación es buscar nuevas formas de conseguir los mismos beneficios con materiales que no sean perjudiciales, consiguiendo ser una investigación innovadora, que

conllevará a descubrir si se puede realizar este tipo de acabados textiles, logrando así innovar y obtener un tejido que sea antibacterial el cual puede ser utilizado sin inconvenientes y a la vez beneficioso para el ambiente.

Además, este tipo de investigación pueda motivar a para posteriores proyectos los cuales puedan basarse para realizar algún tipo de acabado textil, con elementos del ambiente los cuales aún no han sido investigados en su totalidad.

1.4. Objetivo general

Analizar el acabado antibacterial con extracto de higuera (*Ricinus communis*) en tejido plano 100% algodón por el método de impregnación.

1.5. Objetivos específicos a alcanzar

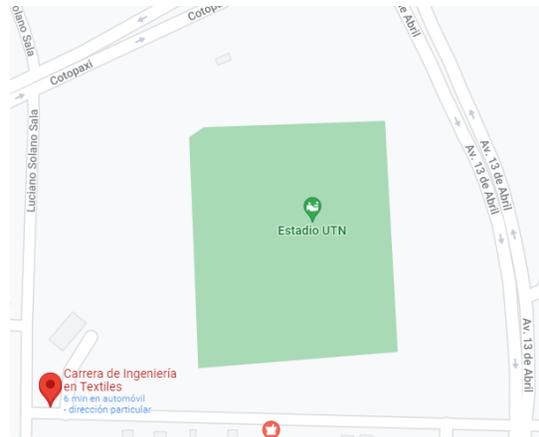
- a) Investigar las propiedades y beneficios de la higuera por medio de la búsqueda de información en bases de datos bibliográficos para establecer parámetros y el proceso de aplicación.
- b) Aplicar el extracto de higuera en muestras de tejido plano de algodón 100% mediante el proceso de impregnación.
- c) Realizar las pruebas a nivel de laboratorio mediante un sensor electroquímico para evaluar las ppm de los compuestos orgánicos volátiles y la prueba de la solidez al lavado doméstico mediante la norma ISO 6330:2012.
- d) Evaluar los resultados obtenidos mediante el análisis e interpretación de datos utilizando herramientas estadísticas para determinar la propiedad antibacterial del tejido.

1.6. Características del sitio del proyecto.

La presente investigación se lleva a cabo en la provincia de Imbabura, en la ciudad de Ibarra, en los laboratorios de la Carrera de Textiles, de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas perteneciente a la Universidad Técnica del Norte; los laboratorios se encuentran ubicados en el sector de los Huertos Familiares, en las calles Luciano Solano Sala, Morona Santiago y Cotopaxi.

Figura 1.

Caracterización del sitio del Proyecto



Fuente: (Google Maps, 2022).

CAPÍTULO II

ESTADO DEL ARTE

2.1. Estudios previos

2.1.1. Higuierilla

El control de microorganismos en tejidos textiles se extiende a la ropa de uso diario, ropa deportiva y ropa informal. Se ha desarrollado una gama de acabados químicos antibacterianos para todo tipo de textiles. Las nanopartículas metálicas, como la plata, se han utilizado para controlar el crecimiento de los diferentes microorganismos, pero su toxicidad potencial limita las aplicaciones humanas, debido a que puede inferir en la salud de la persona. Por esta razón, se ha investigado una gran cantidad de plantas aromáticas y medicinales para el acabado antimicrobiano ecológico de textiles. (Chitichotpanya, 2018)

En el estudio realizado por Chitichotpanya (2018) acerca de la investigación de un acabado antibacteriano en la tela de cáñamo usando Extracto de neem bioactivo natural dice que:

La hoja de neem se la secó a 70°C durante 24 h, para obtener polvo molido se muele. La extracción la realizó en un aparato Soxhlet con metanol como solvente, en una proporción de 1:5 de hoja seca con metanol. La temperatura de extracción se realiza al punto de ebullición del metanol a 65°C. Se evaporó el metanol mediante un evaporador rotatorio, dando un residuo marrón oscuro. El residuo se disolvió en metanol en una proporción de 1:2. El atribuido a que el número de moléculas de colorante en el tejido es limitado. Se encontró que el teñido óptimo se producía con 5 % p/v de polvo de tinte a 100oC durante 60 min. Después de teñir con extracto de corteza, la tela se trató adicionalmente con extracto de hoja para darle propiedades antibacterianas. (págs. 2122-2123)

En la investigación realizada por Marín (2021) acerca de la actividad antibacteriana in vitro del extracto etanólico de *Ricinus communis* (higuierilla) contra *Escherichia coli* se realizó de la siguiente manera:

Se empleó el método de maceración en frío para la obtención del extracto etanólico de la planta, la determinación de la actividad antibacteriana contra *Escherichia coli* se realizó mediante el método de difusión en pozo de agar empleando la cepa de *Escherichia coli* ATCC 25922, se preparó el extracto a las concentraciones de 25%, 50%, 75% y 100% con etanol de 96°, se realizaron 30 réplicas por cada

extracto y emplearon como control negativo el etanol 96° y control positivo el ciprofloxacino, las lecturas se realizaron a las 24 horas de la incubación de las muestras a 35°C + 0.5. (pág. 4)

Los resultados encontrados en el estudio con respecto a los halos de inhibición formados de los extractos etanólicos de *Ricinus communis* (higuerilla) a las concentraciones de 25%, 50%, 75% y 100% fueron respectivamente 10.62mm + 0.06, 13.44mm + 0.05, 15.94mm + 0.06 y 17.54mm + 0.05, el control negativo tuvo un halo de inhibición de 6.03mm + 0.01 y 38.74mm + 0.07 el control positivo. Se determinó actividad antibacteriana de los extractos etanólicos de *Ricinus communis* (higuerilla) a todas las concentraciones estudiadas sobre *Escherichia coli* ATCC 25922, pero el efecto antibacteriano encontrado no fue similar al ciprofloxacino. (Marin, 2021, pág. 4)

En el estudio realizado por Colmenero (2013) acerca del estudio de la Higuerilla dice que:

Una de las especies promisorias por su alta diversidad genética y capacidad de producción de aceite de excelente calidad como insumo para biodiesel, es la higuerilla *Ricinus communis*, planta herbácea de porte arbustivo, ligeramente leñosa, con tallos y ramas huecas por dentro, de color verde claro a azul grisáceo, en ocasiones rojiza. : El fruto de la planta de higuerilla es una cápsula trilocular que contiene una semilla por lóbulo (tricoco), de 1.5 a 2.5 cm de largo, exteriormente está recubierto por espinas o púas no punzantes, cortas y gruesas (equinado); tiene tendencia a la dehiscencia. La semilla es oval, de tamaño variable entre 5 y 20 mm según la variedad. El tegumento es coriáceo, liso, lustroso, marmoleado rematada por una excrecencia, tóxico por la presencia de ricina y ricinina. (pág. 307)

En el estudio realizado por Robledo (2019) acerca del estudio del aceite de ricino afirma que:

El aceite se emplea en motores de altas revoluciones, y este mismo aceite refinado se utiliza en la producción de cosméticos y aun en productos medicinales, especialmente para efectos purgativos o para aplicaciones de úlceras o brotes sobre la piel. En la producción industrial, la Higuerilla tiene su utilidad en la elaboración de crayones, empaques, esmaltes, emulsión para pinturas, fertilizantes, espumas, fluido para amortiguadores, fluido hidráulico, fungicidas, germicidas, grasas, hule, insecticidas, lacas, materiales de revestimiento, masilla para vidrios, papel carbón, papel matamoscas, pasta para empaquetaduras, poliéster, pulidores, revestimiento para papel, tintas de impresión y en la fabricación de velas. (pág. 34)

2.1.2. Tejido de algodón

El algodón tiene una combinación de propiedades: durabilidad, bajo costo, facilidad de lavado y comodidad, que lo hacen apropiado para prendas de verano, ropa de trabajo, toallas y sábanas. Esta combinación única de propiedades ha hecho del algodón la fibra más popular para grandes masas de la población mundial que vive en climas templados y subtropicales. (Visarrea, 2018, pág. 18)

El algodón es una fibra natural, por lo que es más suave al contacto con tu piel. Esto es muy importante cuando te ejercitas porque te da mayor facilidad y libertad de movimiento. Es transpirable, lo que te ayuda a evitar malos olores, existen textiles en algodón especiales para hacer ejercicio, diseñados para mantenerte seco, las prendas en algodón son más fáciles de lavar y cuidar que otras telas, dura por mucho más tiempo. (Visarrea, 2018, pág. 35) De tal manera que el algodón es una fibra que posee una alta resistencia, que te permite conservar la forma y estructura de las prendas a pesar de las lavadas que se le puedan hacer, de esta manera las telas en algodón te brindan más comodidad a la hora de hacer ejercicio, por eso son más utilizadas dentro de este campo.

Visarrea (2018) afirma de acuerdo con su investigación que “Con respecto al segundo dato obtenido en esta primera prueba, la media del índice de absorción de humedad, la fibra de algodón tiene el valor de 8,328% y la fibra de bambú un 6,684% lo que significa que las fibras de algodón tienen mayor índice de absorción en un 19,74%” (pág. 99). Determinando de esta manera que el tejido elaborado de algodón tiene mayor índice de absorción en cuanto se refiere a la humedad, transpiración, vapor.

La absorción es una propiedad que incide de manera importante en la comercialización de las materias primas como el algodón, esta fibra se caracteriza por ser muy absorbente y debido a la particularidad debe tener un control de taza legal de humedad para su comercialización. Esta propiedad incide directamente en la comodidad, el calor corporal del cuerpo, repelencia del agua, absorbencia de humedad, acumulación de electricidad electroestática, facilidad de teñido, consumo de colorantes y aditivos, manchado por oxidación etc. (Farinango, 2017, pág. 24)

2.1.3. Acabados antibacteriales

Para la investigación es importante mencionar ciertos estudios donde se aplican los acabados antibacteriales, ya que en la actualidad se desarrollan estos terminados en varios artículos textiles. Los textiles con acabados antibacteriales son artículos en los cuales se han agregado productos

capaces de inhibir los gérmenes, el material puede ser aplicado directamente en la fibra o en la superficie; la sustancia será agregada de acuerdo con el tipo de terminado más apto de tal modo que este cumpla con su función, de esta forma se obtiene un textil capaz de matar o reducir el crecimiento excesivo de bacterias. (Maigua, 2022, pág. 6)

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. 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. (Bautista, 2022, pág. 15)

Bautista (2022) en su investigación después de realizar las pruebas antibacteriales en las muestras afirma que “las muestras 2%, 4%, 6%, 8% y 10% de lignina se puede concluir que el mejor resultado que se obtuvo de las pruebas realizadas se presenta en la muestra con aplicación al 8% de lignina, disminuyó el 80.78% unidades formadoras de colonias” (pág. 51). Al aplicar la lignina al tejido de algodón se analizó que existe una mejora en el sustrato textil haciendo que se minimice la formación de bacterias, lo cual ayuda a la persona que está usando el textil.

En la siguiente investigación en donde se utilizó aceite esencial de eucalipto para realizar un acabado antibacterial se obtuvo como resultado que la relación que existe entre la concentración de aceite esencial de eucalipto es directamente proporcional a la actividad antibacteriana del tejido ya que a mayor concentración de aceite esencial de eucalipto mayor es la actividad antibacteriana del tejido y viceversa. De tal manera luego de realizar las pruebas respectivas mediante los métodos de ensayo de las normas NTE INEN 1 529-5:2006 (Adaptado) y NTE INEN 1 529-10:98 (Adaptado) se concluye en base a los resultados obtenidos que la muestra con el 100% de concentración de aceite esencial de eucalipto tiene un mejor efecto antibacteriano manteniendo un 96,52% de reducción de bacterias luego de haberse realizado los seis lavados (Morán, 2017, pág. 79)

2.2. Marco legal

2.2.1. Constitución de la República del Ecuador

La presente investigación está basada en diferentes artículos de la Constitución del Ecuador los cuales están encaminados hacia el buen vivir, la preservación del ambiente y la innovación lo cual está enfocado este tema de investigación.

La Constitución de la República del Ecuador (2019) explica que “Una nueva forma de convivencia ciudadana, en diversidad y armonía con la naturaleza, para alcanzar el buen vivir, el sumak kawsay; una sociedad que respeta, en todas sus dimensiones, la dignidad de las personas y las colectividades”

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumak kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art. 385.- El sistema nacional de ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales, en el marco del respeto al ambiente, la naturaleza, la vida, las culturas y la soberanía, tendrá como finalidad:

- Literal 3: Desarrollar tecnologías e innovaciones que impulsen la producción nacional, eleven la eficiencia y productividad, mejoren la calidad de vida y contribuyan a la realización del buen vivir. (págs. 13-117)

2.2.2. Líneas de investigación de la Universidad

Las líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte son las que se presentan a continuación:

1. Producción Industrial y Tecnología Sostenible.
2. Desarrollo Agropecuario y Forestal Sostenible.
3. Biotecnología, Energía y Recursos Naturales Renovables.
4. Soberanía, Seguridad e Inocuidad Alimentaria Sustentable.
5. Salud y Bienestar Integral.
6. Gestión, Calidad de la Educación, Procesos Pedagógicos e Idiomas.
7. Desarrollo Artístico, diseño y publicidad.
8. Desarrollo Social y del Comportamiento Humano.
9. Gestión, Producción, Productividad, Innovación y Desarrollo Socioeconómico.
10. Desarrollo, aplicación de software y cyber security (seguridad cibernética).

La presente investigación se encuentra dentro de los lineamientos 1 y 9 los cuales la Carrera de Textiles se encuentra encaminados de acuerdo con las líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte.

2.3. Marco Conceptual

2.3.1. Higuierilla “(*Ricinus communis*)”

El *Ricinus communis* L. es una planta arbustiva que nace en tierras cálidas y templadas, de hasta 7 m de altura, su tallo es recto, seccionado por entrenudos y hueco en su parte interior. Su color depende de la variedad, llegando a ser verde, rosado o caoba. Las hojas son palmeadas de un color que va de verde a rojizo. (Escoto García, 2012, pág. 51)

Martínez (2012) afirma que “Esta planta arbustiva tiene su origen en África tropical (Abisinia, actualmente Etiopia), así mismo se presume también tener su origen en la India, así como ser nativa de América” (pág. 30).

Figura 2.

Planta de Higuierilla



Fuente: (Martínez E. S., 2011).

2.3.2. Composición de la Higuierilla

Pérez & Mancilla (2009) afirma que “El conocer la composición elemental de las plantas puede ser útil desde varios puntos de vista, como el saber sus necesidades nutricionales y tener una idea del tipo de mantillo que se podría formar en un momento dado”. La composición de la higuierilla está definida en físicas que son las partes de la higuierilla y de igual manera las partes químicas que conforman la planta las cuales se presentan a continuación:

- **Composición física**

En la **Tabla 1** se detalla la composición física de la Higuierilla (*Ricinus communis*) cada una de las partes que componen la planta.

Tabla 1.

Partes de la Higuierilla

| Partes | Características |
|----------------|---|
| Tallo | Es leñoso y hueco puede alcanzar hasta 12 metros de alto, pero generalmente crece hasta cuatro metros. |
| Hojas | Son alternas y miden hasta 60cm de ancho con 5 a 9 lóbulos, de bordes irregularmente dentados, con peciolo muy largo, hasta 30cm de largo. |
| Flores | Las flores están dispuestas en grandes inflorescencias, erguidas. |
| Semilla | Casi siempre cubierto por abundantes púas, que le dan un aspecto erizado; tiene tres cavidades, cada una con una semilla jaspeada, de superficie lisa y brillante |

Fuente: (INECOL, 2021)

- **Composición química**

En la **Tabla 2** se detalla la composición química de la planta higuierilla “*Ricinus Communis*” con sus respectivos porcentajes.

Tabla 2.

Composición Química de la higuierilla

| Compuestos | % |
|---------------------------|----------|
| Contenido de lignina | 18,5 |
| Contenido de holocelulosa | 85,8 |
| Contenido a-celulosa | 66,3 |
| Contenido de cenizas | 3,9 |

Fuente: (Rivera, 2014)

2.3.3. Generalidades de la Higuierilla

La higuierilla (*Ricinus communis*) pertenece a la familia Euphorbiaceae y es conocida como ricino, tártago, mamoneira, mamona, palma christi, higuiereta, castor, castor bean y castor oil plant. El género *Ricinus* es considerado monotípico, y la especie *R. communis* es la única que incluye diversos tipos polimórficos. (González, 2019, pág. 16)

La planta varía en el color del follaje y del tallo, tamaño de la semilla, color y contenido de aceite y en sus hábitos de crecimiento, siendo algunas veces desde perenne, que a menudo se desarrollan como árboles (>7 m), hasta plantas enanas, anuales y de ciclo corto. En relación con el tamaño, las plantas de higuierilla se clasifican en enanas (2.5 m), las cuales pueden llegar hasta los 10 m de altura y lograr ciclos de hasta 10 años, cuando las condiciones ambientales, especialmente, temperatura y disponibilidad de agua lo permitan para siembras comerciales y a gran escala, y por razones climáticas, como déficit hídrico y elevadas temperaturas. (González, 2019, pág. 16)

En la siguiente tabla se detalla la clasificación taxonómica de la higuierilla.

Tabla 3.

Información taxonómica

| Información taxonómica de la higuierilla | |
|---|----------------------------|
| Reino | Plantae |
| Clase | Subrosidae |
| Orden | Euphorbiales |
| Familia | Euphorbiaceae |
| Género | <i>Ricinus</i> |
| Especie | <i>Ricinus communis</i> L. |

Fuente: (Triviño, 2009)

2.3.4. Propiedades

La higuierilla es una planta que se encuentra en el Ecuador hace muchos años atrás, la cual ha logrado constituir un porcentaje alto de este tipo de planta, la cual posee diferentes propiedades tanto medicinales como industriales, es así gracias a esto es usada en diferentes industrias con la finalidad de obtener un beneficio.

El principal producto del cultivo de la higuera es el grano, semilla o fruta del que se extrae el aceite, llamado aceite de ricino o de castor y tiene numerosas aplicaciones industriales para la producción de plástico y fibras sintéticas, así mismo con este aceite se pueden elaborar tintas, esmaltes, lubricantes, productos para la cosmetología, fertilizantes y pesticidas, teniendo uso importante en los sectores médicos, aeronáuticos y energéticos. (Fideicomiso de Riesgo Compartido, 2017)

Mannise (2021) afirma que “sus usos son múltiples desde lubricante hasta aditivo alimentario. Entre sus usos medicinales se recomienda para la piel, como fortalecedor del sistema inmune y para el tratamiento del dolor, debido a que posee propiedades antibacteriales, antivirales y como fungicida”.

2.3.5. Propiedades antibacteriales

2.3.5.1. Agente Antibacterial

Parra (2015) afirma que “Un agente antibacterial es aquel que destruye las bacterias o inhibe el crecimiento o replicación de las mismas. Una sustancia antibacterial es un compuesto que mata o hace más lento el crecimiento de bacterias o bacterias muertas” (pág. 42).

El agente antibacterial es aquel que ayuda a inhibir o minimizar el crecimiento masivo de bacterias que pueden ser ocasionadas por la transpiración, piel muerta, entre otros; con este agente se minimizara las bacterias teniendo así una propiedad antibacterial la cual trae varios beneficios en cuanto a salud, belleza, bienestar, etc.

2.3.5.2. Acabado antibacterial

Un acabado antibacterial es un proceso en el cual Lockuán Lavado (2012) menciona que:

“Los principios activos que limitan el crecimiento de la población de microorganismos se conocen como antimicrobianos. Puede distinguirse entre aquellos que tienen un efecto bacteriostático, es decir, que limitan el crecimiento, y los que tienen un efecto bactericida (o mortal)”.

2.3.5.3. Objetivos del acabado antibacterial

- Prevenir la transmisión y la propagación de los microorganismos patógenos (sector de la higiene)
- Reducir los olores desagradables debido a la actividad bacteriana (desodorización)

- Evitar el deterioro de los artículos (como resultado de la descomposición de las fibras tras el ataque por microorganismos).

Además, deben cumplir los siguientes requisitos:

- Cubrir el espectro microbiano relevante
- Facilidad de aplicación
- Durabilidad
- Buena tolerancia de la piel. (pág. 35)

El crecimiento microbiano puede causar diferentes problemas entre los que se pueden encontrar higiénicos, funcionales y estéticos, de los cuales se deriva olores desagradables, manchas las cuales son generadas por las bacterias y pérdida de resistencia en los textiles haciendo que disminuya la calidad del mismo, es así como brindar un acabado antibacterial ayudará a minimizar las bacterias.

2.3.5.4. Aplicación del acabado

Existen varias posibilidades que pueden ser tanto físicas como químicas las cuales se deben considerar en la elaboración de tejidos antimicrobianos. En la práctica, el efecto antimicrobiano que se otorga al sustrato textil se obtiene a través de la aplicación de productos químicos específicos aplicados durante la fase de acabado, o puede ser mediante la aplicación de estas sustancias en las fibras químicas durante el proceso de hilatura.

Las posibilidades del proceso de aplicación según Lockuán Lavado (2012):

- ✓ Adición de sustancias bacterianas en la solución de hilatura (fibras manufacturadas) antes de la etapa de extrusión. Sustancias como el triclosán (2, 4, 4- tricloro hidrofeniel {II}-éter), un miembro de la familia de antisépticos y desinfectantes. El triclosán es un derivado del fenol, empleado en cosméticos y pastas de dientes. Tiene una amplia gama de acción contra las bacterias Gramnegativas y Grampositivas. Este compuesto, gracias a la presencia del benzoato de bencilo, también ofrece protección contra los ácaros y se utiliza en fórmulas acaricidas (spray o polvo), así como en una solución (25% de concentración) para el tratamiento de la sarna.
- ✓ Modificación mediante injerto u otras reacciones químicas. El Instituto de Francia en Ecully ha desarrollado los llamados biotextiles. En estos productos, las cadenas de moléculas que contienen sustancias antisépticas son injertadas en los polímeros base de la tela cruda. Los polímeros base son activados por rayos electrónicos y, en el curso del

proceso se refractan en determinadas posiciones, en las cuales se injertan las moléculas del bactericida.

- ✓ Mezcla de fibras
- ✓ Tratamientos con principios activos específicos. Después del secado, estas sustancias se incorporan en productos poliméricas de acabado y se fijan a la estructura del tejido. (pág. 36)

2.3.6. Sudor/Bacterias

2.3.6.1. Sudor

- **Definición**

El sudor es un líquido incoloro y salado que es producido por glándulas que se encuentran en la piel. La transpiración es una de las maneras que el cuerpo tiene para lograr enfriarse. El sudor es producido principalmente en las manos, los pies, en las palmas de las manos y debajo de los brazos. Cuando el sudor tiene contacto con las bacterias presentes en la piel puede causar olor e incomodidad.

El sudor es producido por diminutas glándulas que se encuentran en la piel, ellas secretan este líquido transparente que se compone de un 99 - 99,5% de agua, con pequeñas trazas de proteínas y lípidos. Estas glándulas además de secretar agua conservan las sales, llevando a cabo el proceso de transpiración y regulación de la temperatura sin alteración del equilibrio hidroelectrolítico. (Perèz, 2017)

El sudor excretado por las glándulas sudoríparas está compuesto por agua, cloruro sódico (50 a 70mM), sodio (7 a 81mM), potasio (4 a 24mM), urea (2 a 5 veces mayor que la del plasma), amoniaco (0,5 a 8 mM), ácidos láctico y pirúvico (10 a 40 mM), proteínas (20 a 77mM), fosfato y otros productos de desecho. (Honeyman, 2014, pág. 229)

- **Glándulas sudoríparas**

Vera (2005) afirma que *“Las glándulas sudoríparas son estructuras normales en la especie humana cuya función principal es la elaboración y secreción de sudor. Esta función es termorreguladora y se ejerce en los humanos gracias a la variedad ecrina”* (pág. 211).

La sudoración se produce por medio de dos tipos de glándulas sudoríparas las cuales son glándulas ecrinas y glándulas apocrinas, estas producen diferente tipo de sudor.

- **Glándulas ecrinas**

Reyes (2004) dice que “Las glándulas sudoríparas ecrinas son consideradas el sistema secretor más grande del cuerpo, que cumple una función de termorregulación en el mantenimiento de la homeostasis. Son glándulas tubulares simples, formadas por un componente secretor y uno ductal” (pág. 49).

Vierten su producto de secreción sin ningún tipo de destrucción celular. Se caracterizan porque el conducto excretor que poseen se abre directamente a la superficie mediante un orificio denominado poro sudoríparo, mientras que la zona excretora suele tener una forma de ovillo que se encuentra situada en la dermis próxima a la unión dermo-hipodérmica. Estas glándulas tienen un producto de secreción conocido como sudor. Tienen un papel importante en la termorregulación. Es un sudor claro, de sabor salado, el 90% es agua y en él van numerosas sustancias disueltas como: cloruro sódico, cloruro potásico, urea, aminoácidos, ácido láctico, proteínas, glucosa, inmunoglobulinas, histaminas. (Universidad Complutense de Madrid, 2014)

- **Glándulas apocrinas**

Son aquellas que eliminan parte de su citoplasma junto con su producto excretor (que aparecen como pequeñas vacuolas). Se caracterizan porque su producto excretor se abre al "conducto piloso"; esta secreción se caracteriza porque es más lechosa, viscosa y está formada por agua, pero destaca sobre todo porque es rica en grasa (sudor graso/oloroso de control hormonal). En este caso el sudor tiene un pH neutro o ligeramente alcalino. Estas glándulas se distribuyen por las axilas, la areola mamaria y las regiones anogenitales. (Universidad Complutense de Madrid, 2014)

2.3.6.2. Características Generales

El sudor es una secreción corporal hipotónica, inodora, incolora, de pH ligeramente ácido (4,5-5,5), compuesto por agua mayoritariamente y por electrolitos (sodio, potasio, cloro, amonio, calcio, fosfatos) y sustancias orgánicas (urea, proteínas, lípidos, aminoácidos) en menor cantidad e inicialmente inodoras. La degradación de estas moléculas que se secretan con el sudor por la flora bacteriana saprofita que se alimenta de sustancias en descomposición, y presente en la superficie corporal, la que da lugar a: amoníaco, aminas, indol, derivados sulfhídricos, ácido butírico, moléculas de menor tamaño y volátiles, que pueden ser percibidas por los receptores olfativos y por consiguiente ser consideradas las responsables de los olores desagradables que son propios del sudor. (Arellano, 2017, págs. 19-20)

2.3.6.3. Mal olor corporal

El olor corporal es una propiedad individual del ser humano, en el que confluyen el olor natural y el adquirido. Esta característica es tan específica de cada persona como lo pueden ser sus huellas dactilares y podría llegar a ser un elemento diferenciador, si el sentido del olfato estuviera tan desarrollado en el hombre como lo está en otras especies animales. La intensidad del olor corporal dependerá de circunstancias personales, medio y estados social y fisiológico. (Bonet, 2005)

Se deja así en claro que el mal olor del sudor puede ser producido cuando las bacterias denominadas saprofitas presentes en la piel se mezclan con la humedad de la persona, creando un ambiente idóneo para alimentarse y de esta manera generar desechos los cuales son compuestos orgánicos volátiles los cuales son los encargados de producir el mal olor. De tal manera que la capacidad para percibir un olor varía en gran medida de su volatilidad, entre más volátil es más fácil percibir su olor ya que va a ser más fuerte en comparación al normal.

2.3.7. Bacterias

2.3.7.1. Definición

Las bacterias son microorganismos unicelulares que se reproducen por fisión binaria. La mayoría son de vida libre, a excepción de algunas que son de vida intracelular obligada, como Chlamydias y Rickettsias. Tienen los mecanismos productores de energía y el material genético necesarios para su desarrollo y crecimiento. (Pérez M, 2008, pág. 23)

2.3.7.2. Tamaño

Hasta cierto punto, la forma y el tamaño de las bacterias están en relación con el género e incluso, a veces, con una especie en concreto. Por otra parte, debido a su pequeño tamaño, es preciso recurrir a instrumentos para su observación, los microscopios, y a métodos especiales para visualizarlas. (Ureña, 1995, pág. 18)

Dado su pequeño tamaño, las bacterias tienen que observarse a través de dispositivos de aumento como los microscopios ópticos compuestos. Además, en muchos casos se debe recurrir a métodos tintoriales o incluso, en algunas ocasiones, a tinciones especiales que incrementan sus dimensiones. (Ureña, 1995, pág. 19)

2.3.7.3. Morfología

La forma de las bacterias ver **Tabla 4** depende de la pared celular, que les proporciona elasticidad y al mismo tiempo rigidez. Estos microorganismos se presentan habitualmente como elementos esféricos, conocidos como cocos, alargados, denominados bacilos, e incurvados. Esta forma puede variar debido a distintas circunstancias exógenas, como la antigüedad del cultivo, factores nutricionales, tratamiento con antibióticos, etc. (Ureña, 1995, pág. 17)

Tabla 4.

Morfología de las bacterias

| Morfología de las bacterias | |
|------------------------------------|--|
| Cocos | Su forma habitual es redondeada; sin embargo, a veces hay excepciones y aparecen ligeramente ovoides, con un lado aplanado o con un extremo afilado. |
| Bacilos | Son alargados, aunque en algunas ocasiones son más cortos, y se les denomina cocobacilos. |
| Incurvados | Son elementos generalmente aislados con una o varias curvaturas. Si presentan una sola, pueden adoptar aspecto de coma. |

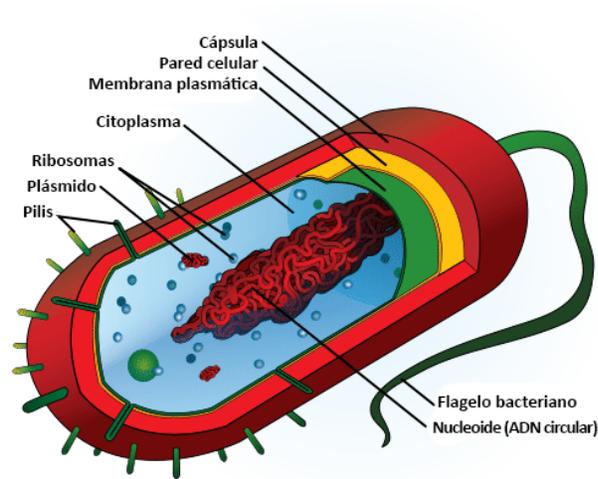
Fuente: (Ureña, 1995)

2.3.7.4. Estructura bacteriana

Las bacterias presentan una serie de estructuras de cubierta o envoltura situadas superficialmente que, en las bacterias grampositivas y gramnegativas, son, de dentro afuera, la membrana citoplasmática, la pared celular y el glicocáliz. En el interior celular se encuentra el citoplasma, y en él los ribosomas, el ADN cromosómico y otros elementos. Como apéndices, las bacterias poseen flagelos, fimbrias y pili. (Ureña, 1995, pág. 25)

Figura 3.

Estructura de la bacteria



Fuente: (FlexBooks, 2021)

Las bacterias no siempre van a tener las partes anteriormente citadas ya que son diferentes unas de otras. Es así como la membrana citoplasmática, el citoplasma, la pared celular, el citoplasma y el ADN cromosómico son elementos obligatorios que debe tener una célula bacteriana; los demás pueden no estar presentes en la bacteria ya que a estos se los consideran elementos facultativos.

2.3.7.5. Clasificación

La clasificación de las bacterias de acuerdo con la necesidad de oxígeno es la siguiente:

- Las bacterias aerobias necesitan oxígeno para crecer. Pueden ser aerobios obligados como cólera, vibrio, que sólo crecen en presencia de oxígeno o anaerobios facultativos que son normalmente aerobias, pero pueden crecer en ausencia de oxígeno.
- Las bacterias anaerobias son microorganismos que son capaces de sobrevivir y multiplicarse en ambientes que no tienen oxígeno. Por ejemplo, pueden proliferar en tejido humano lesionado que no esté recibiendo un flujo de sangre rica en oxígeno. Este tipo de bacterias causan infecciones como el tétanos y la gangrena. (MedinePlus, 2022)

La clasificación de las bacterias por su alimentación es la que se presenta a continuación:

- ***Bacterias autótrofas***

Son microorganismos que tienen la capacidad de aprovechar el anhídrido carbónico (carbonatos) como fuente de carbono. También se denomina litotróficos, los cuales obtienen la

energía a través de la oxidación de sustancias inorgánicas (hidrógeno, óxido de carbono, metano, amoníaco, compuestos de hierro) tiene amplia participación en la circulación del nitrógeno y el azufre en el suelo. (Aldama, 2016, pág. 24)

- ***Bacterias sapofritos***

Aldama (2016) dice que “Se alimentan de sustancia muerta y de sustancias orgánicas diseminadas en la naturaleza, originando importantes transformaciones, pertenecen a este grupo los hongos sapofritos y las bacterias” (Aldama, 2016, pág. 26).

- ***Bacterias parásitas***

Pueden vivir en la superficie o en el interior de otro organismo del cual toman los nutrientes, surgen como una evolución de sapofritos y causan trastornos y desequilibrio en los organismos en que viven, incluyendo la destrucción de las células y causando una enfermedad por lo que son parásitos y patógenos también. (Aldama, 2016, pág. 26)

- ***Bacterias quimioheterótrofos***

Toman la energía y el carbono de los compuestos orgánicos, incluye a la mayor parte de las bacterias, siendo dentro de estas las que aprovechan el nitrógeno del aire, las que asimilan el nitrógeno de las sales amoniacales, de nitrato y nitrito. (Aldama, 2016, pág. 25)

- ***Bacterias de fermentación***

Arellano (2017) afirma que “transforman sustancias orgánicas por medio de un proceso llamado fermentación. Así se obtiene el queso y el yogur de la leche o el vino del mosto de uva y por ello el nombre de dichas bacterias” (pág. 18).

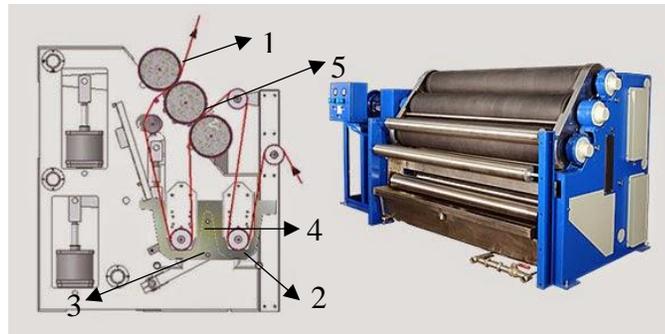
2.3.8. Método de impregnación

Este proceso se lo realiza en tejidos abiertos a todo su ancho que son particularmente sensibles a los pliegues y las manchas de dobles. Su diferencia frente al proceso por agotamiento es porque se necesita cantidades muy reducidas de agua lo que resulta un ahorro en consumo energético, la tela es conducida por una cuba donde contiene el baño a impregnar para luego pasar por los rodillos que exprime el exceso de líquido, la velocidad de alimentación del tejido debe ser

constante, es importante que en el baño de tintura exista un agente de humectación para permitir la impregnación eficiente de la tela en un corto periodo. (Lavado F. L., 2012, pág. 64)

Figura 4.

Método de impregnación



Fuente: (Mejía, 2018)

En la **Figura 4** se puede observar las partes que intervienen en el proceso de impregnación las cuales se mencionan a continuación:

- 1) Tela
- 2) Rodillos guías
- 3) Cuba de foulard
- 4) Solución para impregnar en el tejido
- 5) Rodillos de presión

2.3.8.3. Variables del proceso

- ***Temperatura***

Energía térmica, es la cantidad de energía que puede ser transferida a otro cuerpo. Cuando dos sistemas están a la misma temperatura, se dice que están en equilibrio térmico y no se producirá transferencia de calor. Cuando existe una diferencia de temperatura, el calor tiende a transferirse del mismo sistema de mayor temperatura al de menor temperatura hasta alcanzar el equilibrio térmico. (Peñañiel, 2018, pág. 45)

- ***Relación de baño***

Es la cantidad de agua que se necesita para realizar el ennoblecimiento textil: descruce y blanqueo, tintorerías y acabados de acuerdo con el peso de materia a realizar el proceso. Hay tres formas fundamentales de baños; infinito, finito y de transición. La característica del baño infinito

es que la concentración del colorante en el baño de tintura en la superficie de la fibra no cambia durante el proceso de difusión del colorante dentro de la fibra en todo el tiempo de tintura. Por otro lado, los baños finitos se caracterizan por un continuo decremento de concentración del colorante del baño y en la superficie de la fibra se lleva el proceso de tintura hasta que se alcance un equilibrio entre el baño de tintura y la fibra teñida. (Peñañiel, 2018, pág. 46)

- ***La presión***

La fuerza ejercida por unidad de superficie es la presión. La presión es una cantidad escalar que cuantifica la fuerza perpendicular a una superficie. La presión es una magnitud escalar, y es una característica del punto del fluido en equilibrio que dependerá únicamente de sus coordenadas. Todos los puntos a una misma profundidad y mismo líquido se encuentran a la misma presión, sin importar la forma del recipiente. (Tinoco, 2012, pág. 1)

- ***El pH***

En la mayoría de los procesos industriales es muy importante el control de los niveles de pH que presenten los productos que son elaborados o las soluciones que serán utilizadas para alguna parte del proceso, el uso frecuente se lo encuentra en el tratamiento de aguas residuales o la neutralización del producto que tendrán contacto con la piel. La escala del pH mide el grado de una solución siendo; ácido, neutro y básico. Teniendo valores de 0 el más ácido 7 neutro y 14 el más básico. (Peñañiel, 2018, pág. 47)

- ***Pick Up***

El pickup es un parámetro muy importante porque representa las unidades de peso del baño retenido en 100 unidades de peso del textil después de su impregnación en el foulard; depende de factores como las características del tejido (hidrofilidad, limpieza, tipo de tejido, rizado, densidad de urdiembre y de trama), el gramaje o densidad del tejido, el título del hilo, las características del cilindro y exprimido (presión, dureza, diámetro y espesor de los cilindros), la velocidad del foulardado, la preparación del textil, entre otros. (Mangua, 2019, pág. 36)

A continuación, la ecuación expresa la fórmula para determinar el pick-up:

$$\%Pick-up = \frac{\text{peso húmedo} - \text{peso seco}}{\text{peso seco}} \times 100$$

Un acabado por lo regular maneja un pick up de 80 a 100 % dependiendo del resultado esperado. Para calcular el pick – up se tomó en cuenta la presión que se debe colocar en los cilindros del foulard, la presión viene en psi que es su unidad, que es la libra fuerza por pulgada cuadrada, la misma que se puede observar en el manómetro del equipo. (Mangua, 2019, pág. 36)

2.3.9. Ligante

Un ligante se define como un átomo, ión o molécula, que generalmente dona uno o más de sus electrones a través de un enlace covalente coordinado y/o comparte sus electrones a través de un enlace covalente con uno o más átomos o iones centrales. Los ligantes son capaces de englobar en su estructura una serie de productos sin modificar demasiado las propiedades. (Benavides, 2017, pág. 58)

- ***Estructura química***

La película de ligante de una estampación pigmentaria es una estructura tridimensional, de las cuales la tercera dimensión es de bastante menos importante que las otros dos. El ligante es una sustancia filmógena compuesta de macromoléculas de cadena larga, la cual cuando se aplica sobre el textil, junto con el pigmento, produce una red tridimensionalmente ligada. Los enlaces se forman durante el proceso de "fijado" adecuado, que generalmente consiste en calor seco y un cambio en el valor de pH, provocando la autoreticulación o la reacción con los agentes adecuados de reticulación. (Linares, 2008, pág. 11)

El grado de reticulación debe ser limitado, para evitar convertirse en macromoléculas demasiado rígidas, preservando así una cierta extensibilidad. Los parámetros importantes que garantizan que el pigmento que está dentro de la película reticulada del ligante es sólido al desgaste y al lavado, son la elasticidad, la cohesión y la adherencia al sustrato, la resistencia a la hidrólisis, que sea tan poco termoplástico como sea posible y la ausencia de hinchazón en presencia de disolventes de limpieza en seco. (Linares, 2008, pág. 11)

- ***Propiedades***

Tienen la ventaja de las altas concentraciones de materia activa, junto con una baja inflamabilidad, ya que no contienen disolventes orgánicos. Dependiendo de las propiedades

requeridas al film (suavidad, elasticidad, plasticidad, estabilidad frente a disolventes, solidez a la luz y a la intemperie), aglutinantes pueden ser "hechos a medida" mediante la elección de productos de base adecuados. Normalmente, se utilizan monómeros insaturados, como el cloruro de vinilo, dicloroetano, ácido acrílico, ácido metacrílico, acrilamida, acrilonitrilo, ésteres del ácido acrílico, éteres de vinilo y ésteres de vinilo, estireno y diolefinas como el butadieno. (Linares, 2008, pág. 11)

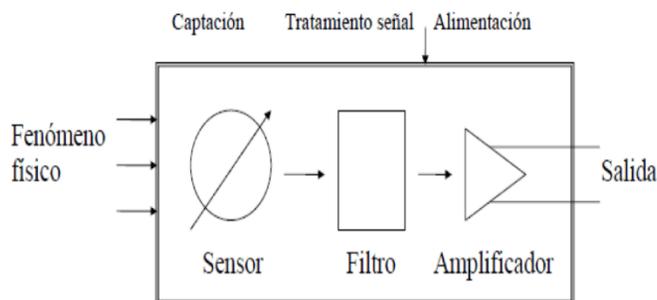
2.3.10. Sensor electroquímico

2.3.10.1. Sensor

Un sensor es un dispositivo analítico capaz de detectar determinadas especies químicas de manera continua y reversible, el cual consta de un transductor acoplado a una fase de reconocimiento o químicamente selectiva, acción química se transforma en una forma de energía medible por el transductor. Este dispositivo es capaz de transformar la energía que lleva la información química de la muestra en una señal analítica utilizable. (Escalona, 2012)

Figura 5.

Estructura básica del funcionamiento de un sensor



Fuente: (Alberto Brunete, 2020)

2.3.10.2. Air Quality Logger

Este dispositivo es un medidor de la calidad del aire que mide los niveles de dióxido de carbono (CO₂), partículas (PM_{2.5} / PM₁₀), gas formaldehído (HCHO) y compuestos orgánicos volátiles (COVs) presentes en el aire, así como la temperatura y la humedad. Este dispositivo combina múltiples sensores de aire con un ventilador incorporado que permite la medición a tiempo real de los parámetros del aire mencionados anteriormente. Además de la función de reloj y registro, los resultados pueden leerse en la pantalla. (Detector, 2022)

Figura 6.

Sensor electroquímico



Fuente: (Arellano, 2017)

Los sensores de calidad de aire son dispositivos usados para la detección de contaminantes en el aire. Esto incluye partículas, contaminantes y gases nocivos que pueden ser perjudiciales para la salud humana. Se utilizan en aplicaciones como el monitoreo de la calidad del aire, la detección de gas en industrias, controladores de combustión y generadores de oxígeno en aviones. Los sensores de compuestos orgánicos volátiles (VOC) disponibles son capaces de detectar químicos volátiles y contaminantes olorosos. (Arrow, 2021)

2.3.11. Compuestos Orgánicos Volátiles

Los compuestos orgánicos volátiles (COV's) son todos aquellos compuestos orgánicos o sustancias químicas que se presentan en estado gaseoso a la temperatura ambiente normal o que se pueden evaporar de la fase líquida a la fase gaseosa a dicha temperatura, y por lo tanto son muy volátiles. Esta característica les permite alcanzar altas presiones de vapor y, por consiguiente, tendrán concentraciones elevadas en el aire que rodea una fuente. (López, 2018, pág. 31)

Los compuestos orgánicos volátiles (COVs), a veces llamados VOC (por sus siglas en inglés), son compuestos orgánicos constituidos fundamentalmente por carbono, que se convierten fácilmente en vapor o gas y que tienen a 20° C una presión de vapor igual o mayor a 0,01 kPas, o una volatilidad equivalente en las condiciones particulares de uso. (Acántara, 2007, pág. 375)

2.3.11.1. Características VOC

Martínez (2011) afirma que las características que se encuentran en los compuestos orgánicos volátiles son los siguientes:

- 1) Son mezclas complejas, multicomponente, que pueden contener más de 300 compuestos; por ejemplo, en el aliento humano se han registrado centenares de moléculas diferentes; las fragancias flora les pueden tener hasta mil sustancias de diversa naturaleza química; en el aroma de café, según su procedencia, el grado y la duración de tostado del grano, el tipo de café.
- 2) Los compuestos volátiles (detectables) presentes en mezclas se encuentran en concentraciones muy diferentes; su rango puede ir de ppt (partes por billón) hasta ppm (partes por millón), o concentraciones más altas.
- 3) La naturaleza química de las sustancias en las mezclas de volátiles es muy diversa, pueden encontrarse simultáneamente tanto moléculas apolares (hidrocarburos), como polares (aldehídos, ácidos, aminas, sulfuros, etc.); se pueden hallar, a menudo, compuestos con heteroátomos, por ejemplo, nitrógeno o azufre, cuya detección selectiva demandará el uso de detectores cromatográficos selectivos o específicos. (Martínez E. S., 2011, pág. 201)

2.3.11.2. Partes por millón PPM

Esta unidad es la empleada de forma habitual para indicar la existencia de elementos en muy pequeña cantidad, lo que se conoce como traza en una mezcla, concretamente, aire. Recordemos que el aire es una mezcla de principalmente oxígeno (en un 21%) y nitrógeno (en un 79%), existiendo concentraciones de otros gases en niveles muy bajos o insignificantes en comparación con estos dos compuestos. Aunque la presencia de esos otros gases es, pese a su baja concentración, habitualmente problemática para la salud y para el ser humano. (S&P, 2014)

Son porcentajes en peso en el caso de sólidos y en volumen en el caso de gases, siendo este último el caso de ppm utilizado en calidad del aire. El indicar que existen X ppm de un compuesto en el aire indica que existen X unidades de volumen (este es el aspecto clave, volumen) por cada millón de partes de volumen de aire. Por enunciar un ejemplo 15 ppm de CO equivale a decir que existen 15 unidades de volumen de CO por cada millón de unidades de volumen de aire, a lo que podremos por lo tanto aplicar cualquier unidad de volumen, siendo siempre la relación verdadera. (S&P, 2014)

2.3.12. Prueba de solidez al lavado

Este procedimiento es para determinar la resistencia del color de los textiles de todo tipo y en todas sus formas, a un procedimiento de lavado doméstico que se aplique a artículos de uso

doméstico normal. Los artículos industriales y de empleo en hospitales pueden someterse a procedimientos especiales de lavado, los cuales pueden ser más severos en algunos aspectos. (Editor, 2013)

2.3.13. Norma ISO 6330

Esta norma internacional se emplea para una gran variedad de ensayos de evaluación de calidad y comportamiento de productos textiles, incluyendo entre otros: apariencia de suavidad, cambio dimensional, eliminación de arrugas, resistencia y repelencia al agua, solidez del color al lavado doméstico y el etiquetado de conservación indicado en otros métodos de ensayo normalizados, internacionales o regionales. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2014, pág. 8)

2.3.14. Electrolux Wascator FOM 71 CLS

Posee un tambor horizontal, carga frontal, tomando como referencia la norma ISO 6330:2012. Procedimientos de lavado y de secado domésticos para los ensayos de textiles, siendo útiles para la evaluación de la calidad y comportamiento de los productos textiles, incluyendo; apariencia de la suavidad, cambio dimensional, eliminación de arrugas, repelencia al agua, solidez del color al lavado doméstico y el etiquetado de conservación indicado entre otros. (Hernández, 2019, pág. 45)

Figura 7.

Lavadora para ensayos Electrolux Wascator FOM 71 CLS



Fuente: (Hernández, 2019)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

En el siguiente capítulo se detalla la forma de obtención de datos, la elaboración del diseño de proceso, los equipos y materiales necesarios para el desarrollo del acabado antibacterial, y la realización de la parte experimental.

3.1. Tipos de investigación

En el presente proyecto se utilizan los siguientes tipos de investigación, los cuales se asemejan de manera directa con el estudio, se tiene la investigación analítica y la investigación experimental el cual se detalla a continuación.

3.1.1. Investigación analítica

El método o investigación analítica es un procedimiento el cual descompone un todo en sus diferentes elementos básicos, siendo así de lo general a lo específico. Este tipo de método se lleva a cabo en el proceso del acabado antibacterial, las muestras se someten al extracto de higuera a diferentes concentraciones, las mismas que se realiza las comparaciones y análisis, logrando así establecer los resultados obtenidos mediante diferentes tablas y gráficos.

3.1.2. Investigación experimental

La investigación experimental es aquella en la que se obtiene datos mediante la experimentación y los resultados obtenidos son comparados con variables constantes, con la finalidad de poder determinar cuáles son las causas y los efectos de los diferentes fenómenos en estudio. (Benavides, 2017). El método experimental es usado para demostrar la factibilidad de aplicar un elemento natural en este caso extracto de higuera sobre un tejido de algodón plano 100%, realizado mediante el método de impregnación, en el cual se evaluará diferentes variables como presión, temperatura, concentración de extracto y ligante, para determinar el crecimiento de las bacterias generadas por la transpiración, y determinar la efectividad del acabado, mediante el análisis VOC que mide la presencia de compuestos orgánicos volátiles presentes en el aire, para posterior realizar la prueba de resistencia al lavado doméstico para evaluar su permanencia con el acabado. Como

variable de respuesta estudiada fueron los VOC, solidez al lavado. Los factores estudiados fueron la concentración del extracto de higuierilla y el ligante.

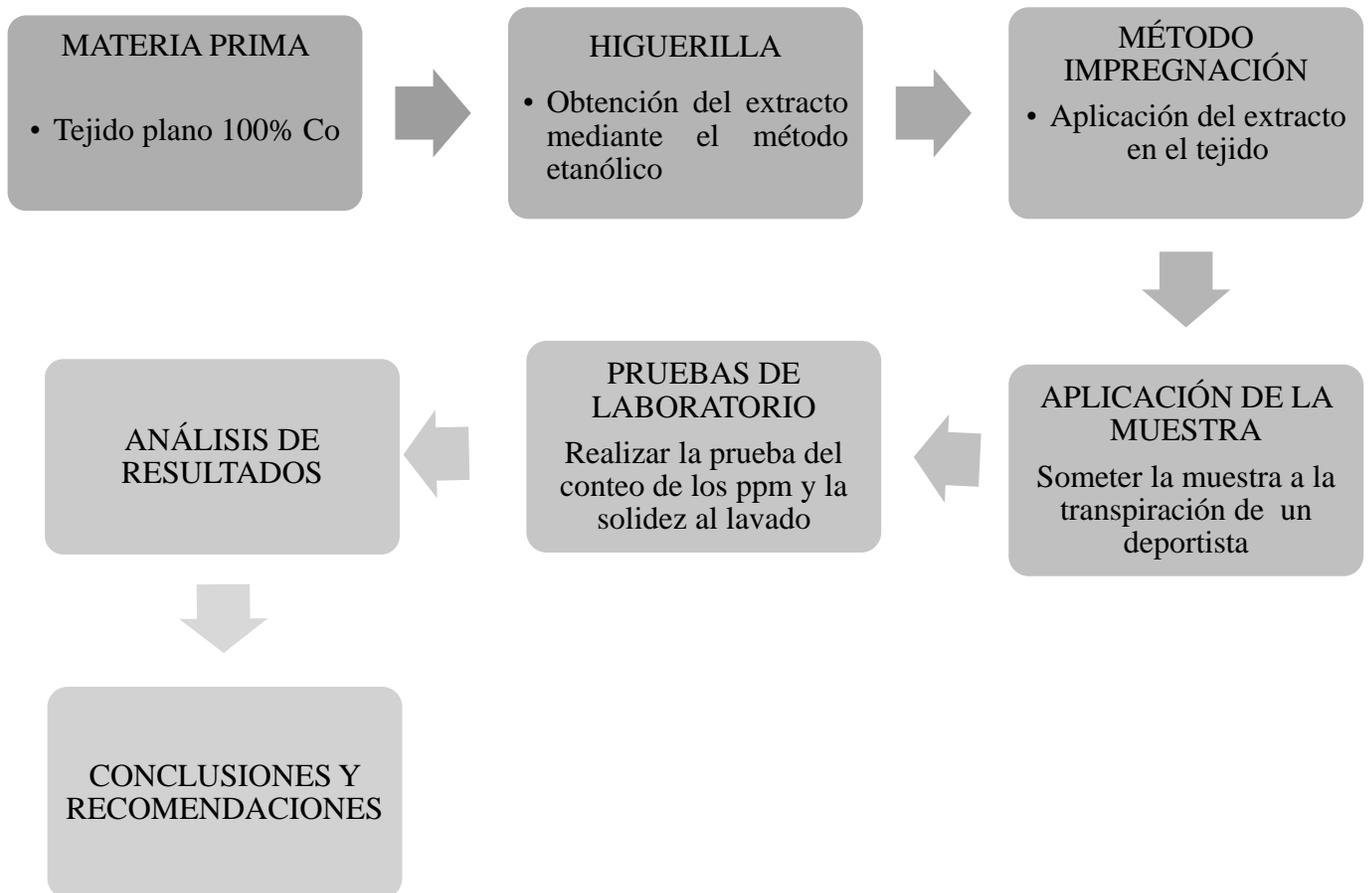
3.2. Flujograma de procesos del acabado antibacterial

3.2.1. Flujograma general

Para la realización de la parte práctica del presente trabajo de investigación, se plantea el siguiente flujograma que detalla de manera general cada uno de los procesos a llevarse a cabo hasta llegar a la obtención y análisis de resultados y de tal manera obtener conclusiones y recomendaciones.

Figura 8.

Flujograma general



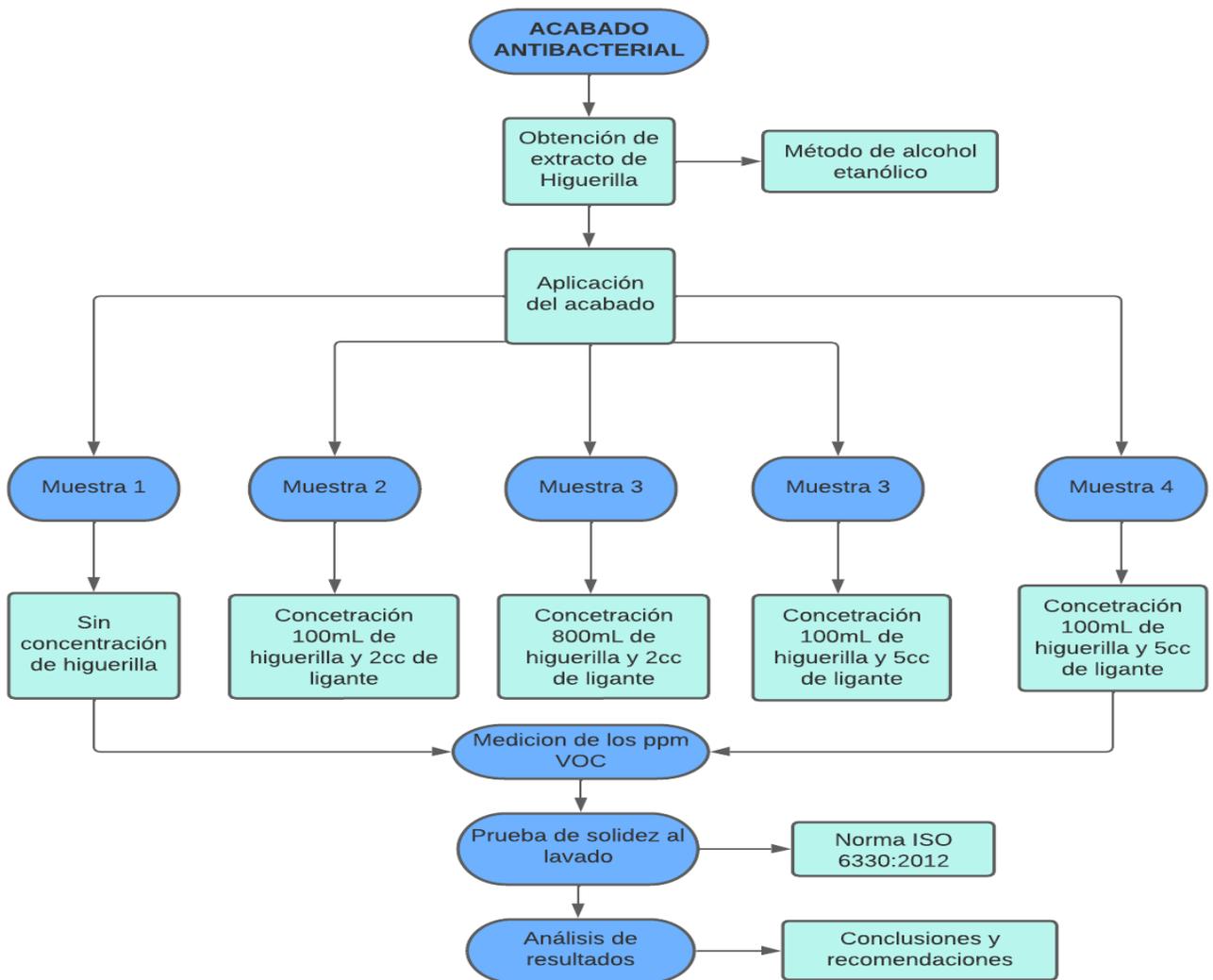
Fuente: Propia

3.2.2. Flujograma muestral

En el siguiente flujograma se detalla el proceso de aplicación del acabado antibacterial, en donde se empieza por la obtención del extracto de higuera, y se realiza las diferentes recetas (muestras) en donde se elabora con cada dosificación, para posterior impregnar el acabado y realizar las pruebas de medición de ppm (VOC), y así realizar la prueba de solidez al lavado y secado domestico ISO 6330:2012, finalmente se realiza el análisis de resultados, conclusiones y recomendaciones.

Figura 9.

Flujograma muestral



Fuente: Propia

3.3. Equipos y parámetros

En la **Tabla 5** se detallan los materiales y equipos necesarios para la obtención del extracto de higuierilla “*Ricinus Communis*”.

Tabla 5.

Equipos y materiales para el proceso de extracción

| Equipos y materiales | Características |
|-----------------------------|---|
| Balanza digital | Se utiliza para pesar productos con una mayor precisión. |
| Hojas de Higuierilla | Utilizadas para obtener el extracto de color verde. |
| Etanol QP | El etanol es un líquido incoloro, volátil, con un olor característico y sabor picante. También se conoce como alcohol etílico |
| Contenedor de muestras | Es de material de vidrio utilizado para poner el etanol y las hojas de Higuierilla. |
| Agitador de metal | Es un dispositivo que se utiliza en los laboratorios de química para mezclar líquidos o preparar disoluciones. |
| Tijera Universal “Multiuso” | Con una hoja dentada. Adecuada para el corte de piezas duras. |
| Cocina eléctrica | Aparato que se utiliza para calentar y cocinar alimentos, evaporar agua, etc. |

Fuente: Propia

- ***Variables y parámetros***

Para el proceso de obtención del extracto de Higuierilla tener en cuenta los siguientes parámetros: las hojas deben ser cosechadas de un mismo lugar, almacenar el extracto de higuierilla en envases de vidrio color ámbar para evitar la generación de bacterias, la evaporación final del etanol se debe realizar a temperatura constante que no sobrepase los 40°C.

En la **Tabla 6** se detallan los materiales y equipos necesarios para el proceso de impregnación del acabado antibacterial en tejido algodón 100%Co.

Tabla 6.

Equipos para el proceso de impregnación

| Equipos | Características |
|-----------------|--|
| Foulard | Posee una serie de cilindros o rodillos que obligan a un sustrato a pasar por una cubeta (similar a una canoa) que está llena de algún producto químico. |
| Termómetro | Es un instrumento usado para medir la temperatura con un alto nivel de exactitud. |
| Papel pH | Es un papel diseñado para medir el pH de las sustancias, teniendo presente que el pH hace referencia al nivel de acidez o alcalinidad |
| Ligante | El ligante es una sustancia filmógena compuesta de macromoléculas de cadena larga, la cual cuando se aplica sobre el textil para tener mejor fijación. |
| Balanza Digital | Se utiliza para pesar productos con una mayor precisión. |

Fuente: Propia

- **Variables y parámetros**

Para el proceso de impregnación del extracto con las muestras de algodón se debe tener en cuenta los siguientes parámetros: calcular la cantidad de baño y extracto que se va a colocar en el equipo, añadir el ligante de acuerdo con el % calculado, para obtener el porcentaje de impregnación (pick up) se debe pesar las muestras antes de ser sometidas al baño y después, controlar el pH del baño y presión de los cilindros.

En la **Tabla 7** se detallan los equipos y parámetros utilizados para las pruebas de laboratorio después de haber realizado el proceso del acabado antibacterial en las muestras.

Tabla 7.*Equipos para pruebas de laboratorio*

| Equipo | Características |
|-----------------------|--|
| Sensor electroquímico | El elemento de detección se compone de una capa semiconductor de óxido metálico formado sobre el sustrato de alúmina de un chip de detección junto con un calentador integrado en presencia de gas detectable. |
| Software Data Logger | Mide en tiempo real las concentraciones de VOC que se pueden guardar en formato PNG o JPG para su análisis posterior. |
| Wascator FOM 71 CLS | Equipo utilizado para realizar el lavado doméstico de prendas textiles. |

Fuente: Propia

- ***Variables y parámetros***

Para la realización del análisis de las muestras en las pruebas de laboratorio se debe tomar en consideración las indicaciones de las normas de los equipos de laboratorio, para la prueba de la medición de las partes por millón de los compuestos orgánicos volátiles mediante el sensor electroquímico las muestras con el acabado antibacterial deben ser sometidas a la transpiración, para posterior ser medido mediante el sensor en un rango de 15 a 60 minutos para cada muestra, la muestra debe estar dentro de la cámara de vidrio cerrada para facilitar la medición. Para la prueba de medición de la solidez al acabado al lavado se realizó en la maquina Wascator FOM 71 CLS, para determinar la resistencia del acabado al lavado.

3.4. Proceso: Impregnación

3.4.1. Definición

El proceso de impregnación para un acabado textil es utilizado tanto para escurrir, tinte, o para impregnar diferentes productos específicos en el sustrato textil, en el cual la tela es sometida a una acción de presión ejercida por diferentes rodillos, que esta a su vez en el proceso origina la

migración de color hacia a la tela y así mismo el exceso de colorante es exprimido, este método es un proceso mucho más corto que la tintura por agotamiento. (Campo, 2020)

Los elementos esenciales del foulard son:

- Cilindros de enrollamiento y de recogida del textil
- Guías de conducción hacia el baño
- La cubeta o canoa pastera: dispositivo donde se da la impregnación
- Los cilindros exprimidores del sustrato una vez impregnado en la canoa pastera.

Las cubetas o canoas pasteras deben tener unas dimensiones adecuadas para acoger el mínimo indispensable de solución tintórea y que ésta se renueve constantemente, de forma automática, manteniendo siempre invariable su concentración y todas las demás constantes de presión, temperatura, etc.

La buena impregnación en la cubeta o canoa pastera depende, en primer lugar, de la afinidad entre colorante y el sustrato; pero también de la solución en sí, puesto que ella transporta el colorante a la fibra o tejido. Las fuerzas tensoactivas entre la solución y el sustrato condicionan la rapidez y efectividad de la impregnación; por ello es corriente que a la solución tintórea se añadan productos humectantes. (Arellano, 2017)

3.4.2. Métodos de impregnación

Existen tres métodos de impregnación por el cual la impregnación con el sustrato textil se puede realizar, es así como uno de los primeros pasos es cargar la materia prima (muestras), se procede a realizar la preparación de las diferentes condiciones para realizar el proceso de impregnación, después se elige el método por el que se va a realizar, son los que se detallan a continuación:

- **Continuo:** El ritmo de operación es acelerado y las operaciones se ejecutan sin interrupción, la tela pasa continuamente por un baño donde se impregna el baño de color
- **Semi-Continuo:** Una cantidad de tela pasa por el foulard y recibe una impregnación con el baño de color, en diferentes palabras es un foulardado con difusión y fijado en frío.
- **Discontinuo:** Su principal objetivo es lograr condiciones óptimas para que el baño no tenga problemas, las sustancias disueltas en el baño alcanzan la superficie en la fibra.

Parámetros del proceso

Los parámetros de control más importantes del equipo foulard son los que se presentan a continuación:

- a) La velocidad de corrido de la tela.

- b) La presión de los rodillos.
- c) El porcentaje de pickup.
- d) El volumen de baño, entre otros.

El pickup es un parámetro muy importante porque representa las unidades de peso del baño retenido en 100 unidades de peso del textil después de su impregnación en el foulard; depende de factores como las características del tejido (hidrofilidad, limpieza, tipo de tejido, rizado, densidad de urdiembre y de trama), el gramaje o densidad del tejido, el título del hilo, las características del cilindro y exprimido (presión, dureza, diámetro y espesor de los cilindros), la velocidad del foulardado, la preparación del textil, entre otros. (Mangua, 2019)

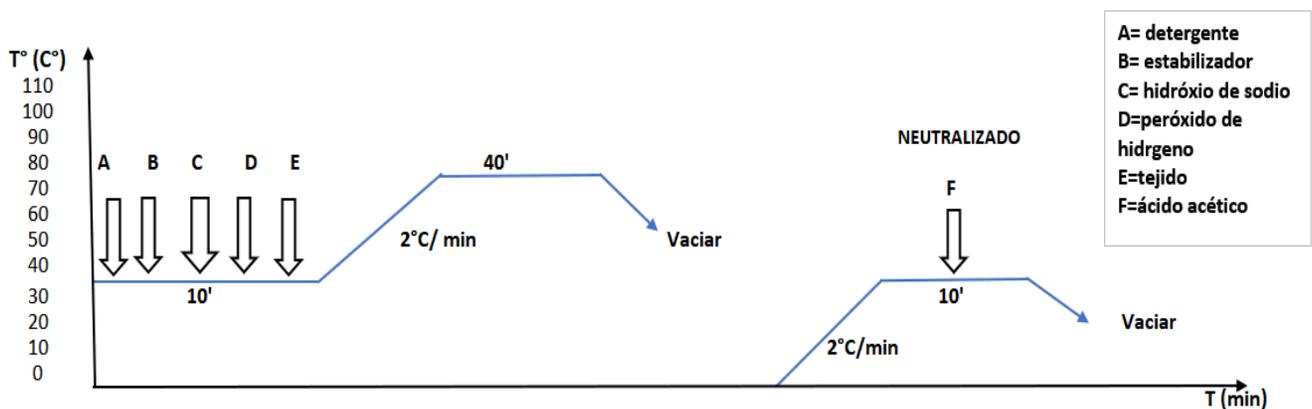
3.5. Proceso de descruce y blanqueo químico

El proceso de descruce y blanqueo químico se detalla a continuación:

- Pesar el tejido.
- Cálculo de auxiliares.
- Relación de baño 1/20.
- Tiempo 40 minutos a temperatura de 70°C.
- Enjuague
- Neutralizado

Figura 10.

Curva de descruce y blanqueo químico



Fuente: propia

En la **Tabla 8** se detallan los productos y las cantidades que se utiliza en el proceso de descrude y blanqueamiento químico en el tejido de algodón 100%.

Tabla 8.

Auxiliares descrude y blanqueo químico

| Producto | g/L | Total |
|--------------------------------|------------|--------------|
| Detergente | 3 | 28,8 |
| Estabilizador | 2 | 19,2 |
| Hidróxido de sodio NaOH | 2 | 19,2 |
| Peróxido de Hidrógeno H_2O_2 | 4 | 54,76 |

Fuente: Propia

- ***Detergente***

Es un agente tensoactivo que permite la penetración de productos enzimáticos en el proceso de descrude en la tintorería, por la eliminación de sustancias grasas, aceites, e impurezas de la fibra. Se les entienden como detergentes a todas las sales de ácidos grasos que permite que la fibra absorba la humedad, con la finalidad de facilitar los procesos posteriores. Un detergente tiene la finalidad de humectar, sacar la suciedad, emulsificar y evitar la redeposición de los residuos, etc. (Cevallos, 2015)

- ***Estabilizador***

Posee un buen efecto detergente y humectante, así como una alta capacidad estabilizadora en los baños de blanqueo con peróxido, además se eliminan más profundamente las cascarillas de la semilla de algodón, adquiriendo un tacto suave y agradable debido a estas características es ideal para el blanqueo y tinturas de algodón y sus mezclas. (Cevallos, 2015)

- ***Hidróxido de sodio***

Sólido blanco aparentemente libre de impureza altamente higroscópica y reactiva, que calienta el medio espontáneamente cuando entra en contacto con la humedad. Se emplea en los procesos de tintura del algodón para el descrude, blanqueo químico, mercerizado, tintura con colorante reactivos y directos y en la fabricación de jabones. (Guato, 2017)

- ***Peróxido de hidrógeno***

También conocido como agua oxigenada o dioxidano, es un compuesto químico fuertemente enlazado con el hidrógeno tal como el agua; conocido por ser un poderoso oxidante. A temperatura

ambiente es un líquido incoloro con sabor amargo, pequeñas cantidades de peróxido de hidrógeno gaseoso se encuentran naturalmente en el aire. Es un oxidante energético y venenoso en estado de concentración. (Cevallos, 2015)

3.6. Proceso de extracción Higuierilla

En la **Tabla 9** se detalla las características físicas de la higuierilla recolectada para la elaboración del extracto.

Tabla 9.

Características físicas

| Detalle | Característica |
|----------------|--|
| Raíz | Es pivotante y puede alcanzar hasta 3 m de profundidad, con algunas raíces secundarias. |
| Tallo | Tallo grande y leñoso, de color verde con partes púrpura oscuro. |
| Hojas | Hojas grandes de color verde, con nerviación palmeada y hendidas de 5 a 9 lóbulos, de bordes irregularmente dentados. |
| Flores | Flores se encuentran dispuestas en grandes inflorescencias, erguidas, que emergen de los nudos entre el tallo y los pedúnculos de las hojas. |

Fuente: Propia

Para el proceso de extracción del extracto de higuierilla (*Ricinus Communis*), se realizan los siguientes pasos:

- a) Recolección de las hojas de higuierilla.
- b) Lavado de hojas para eliminar impurezas.
- c) Secar las hojas durante 6 días para eliminar el exceso de agua.
- d) Clasificación de hojas
- e) Cortar las hojas en trozos pequeños.
- f) Pesaje de las hojas en balanza digital.

- g) Preparación de la maceración de las hojas de higuera: por cada 100 gramos de hojas un litro de etanol.
- h) Colocar las hojas y el etanol en recipientes de vidrio.
- i) Macerar por 15 días para la obtención del extracto.
- j) Filtrar la mezcla por medio de papel filtro, para separar las hojas del etanol.
- k) Evaporar el etanol y mantener el extracto en envases de cristal de color ámbar.

3.7. Pruebas composición del tejido

Para determinar la composición y densidad del tejido se realizan las siguientes pruebas en los laboratorios de la Carrera de Textiles:

3.7.1. Prueba de combustión

Para la prueba de combustión en el laboratorio se utilizó el tejido de algodón plano, en muestra de 10x10cm y se siguieron los siguientes pasos:

- a) Cortar la muestra 10x10.
- b) Extraer los hilos de urdimbre y acercar lentamente al borde de la llama y observar su comportamiento.
- c) Extraer los hilos de trama y acercar lentamente al borde de la llama y observar su comportamiento.
- d) El fuego se consume de manera rápida y vigorosa.
- e) El olor es similar al papel quemado.
- f) La ceniza que deja es de color grisáceo.

En la siguiente tabla se detalla las características que se observa durante la prueba de combustión.

Tabla 10.

Características de la prueba de combustión

| Fibra | Cerca de la llama | En la llama | Al sacar de la llama | Residuo | Olor |
|--------------|---------------------------|--------------------|-----------------------------|--|---------------|
| ALGODÓN | No se encoge, ni se funde | Arde con rapidez | Continua ardiendo | Cenizas de color grises que se desasen al tacto. | Papel quemado |

Fuente: Propia

3.7.2. Prueba de microscopio

El método de ensayo al microscopio consiste en observar a través del microscopio, las características de las fibras en su vista longitudinal.

- a) Microscopio con aumentos de 100x y 500x.
- b) Cortar la muestra de 5x5cm.
- c) Extraer un hilo en sentido trama y urdimbre.
- d) Separar el hilo.
- e) Colocar la fibra en el portaobjetos.
- f) Colocar líquido de inmersión el cubreobjetos.
- g) Colocar el portaobjetos en el microscopio.
- h) Examinar las características de la fibra.

Figura 11.

Vista longitudinal 100x



Fuente: Propia

En la prueba mediante el microscopio se pudo determinar que las fibras del tejido de las muestras tenían una composición de algodón 100%, determinada por la forma de las fibras.

3.7.3. Prueba de disolución

En la prueba de disolución se somete una muestra a diferentes reactivos, para poder observar si la fibra es soluble o insoluble con cada ácido para la prueba se siguió los siguientes pasos:

- a) Cortar la muestra de 5x5cm.
- b) Extraer los hilos y abrir el hilos en fibras más delgadas.
- c) Colocar en un vaso de precipitados los diferentes reactivos.
- d) En un vaso de precipitados colocar ácido sulfúrico.

- e) En otro vaso de precipitados colocar ácido clorhídrico.
- f) Colocar las muestras de las fibras en el vaso de precipitados.
- g) Dejar actuar durante unos 30 minutos.
- h) Observar que en el ácido sulfúrico el algodón se disolvió.
- i) Observar que en el ácido clorhídrico el algodón no se disolvió.

3.7.4. Densidad del tejido

El gramaje es el peso por metro cuadrado del tejido, para obtener la densidad del tejido se realiza de la siguiente manera:

- a) Colocar el tejido en una mesa.
- b) Cortar las muestras con la troqueladora.
- c) Se deben cortar 5 muestras en forma escalonada.
- d) Pesar cada una de las muestras en la balanza digital.
- e) Sacar el promedio.
- f) Calcular el resultado, y multiplicar por 100.
- g) El resultado obtenido es el gramaje en g/m^2 .

En la siguiente tabla podemos observar las muestras y los pesos que cada una de estas se obtuvo, para poder obtener el gramaje en m^2 .

Tabla 11.

Peso de muestras

| Muestras | Peso |
|----------|---------------|
| 1 | 1,452 |
| 2 | 1,464 |
| 3 | 1,456 |
| 4 | 1,442 |
| 5 | 1,445 |
| Total | 144,8 g/m^2 |

Fuente: Propia

3.8. Pruebas de aplicación del acabado

En la **Tabla 12** se detalla los parámetros de aplicación por el método de impregnación:

Tabla 12.*Parámetros del proceso de impregnación*

| Parámetro | Valor |
|-------------------------|----------------|
| Velocidad | 2 m/min |
| Presión | 75 psi \pm 5 |
| Temperatura del proceso | 20° C \pm 2 |
| Pick up | 85 % \pm 5 |
| Temperatura de secado | 100° C |
| Tiempo de secado | 15 min |

El proceso del acabado mediante el método de impregnación se debe tener en cuenta los parámetros de la **Tabla 12**, para calcular el porcentaje de impregnación (pick-up) se debe pesar la muestra antes ser impregnada y después del proceso mediante la fórmula Pick Up.

3.8.1. Preparación de la solución para el acabado

La solución para el proceso de impregnación se debe realizar en un lugar limpio, que los materiales de laboratorio sean esterilizados, es importante que el extracto de higuera esté en recipiente de vidrio color ámbar y las muestras sean llevadas en papel aluminio.

En la siguiente **Tabla 13** se detalla las dosificaciones utilizadas para la solución realizada, para posterior ser impregnadas con los parámetros antes mencionados.

Tabla 13.*Solución para el acabado*

| Productos Químicos y Auxiliares | Volumen de agua (destilada): 1L | |
|--|--|----------------------|
| | Dosificación (ml/L) | Cantidad (ml) |
| Extracto higuera | 100 | 100 |
| Ligante | 2 | 2 |

Observaciones: La solución es estable, homogénea y no precipita.

3.8.2. Recetas

En las siguientes tablas se detallan las recetas que se utiliza en cada una de las muestras, es importante tener en cuenta que por cada solución se realizó 3 muestras, las cuales fueron sometidas

en la solución, proceso de impregnación y por último túnel de secado, y de esta manera obtener el acabado antibacterial en el sustrato textil.

Tabla 14.

Receta con la solución #1

| Material | Volumen de agua | Pick up | Temperatura de secado | Tiempo de secado | Peso de la muestra (g) | | |
|---------------------------------|-----------------|---------|-----------------------|------------------|------------------------|-----|-----|
| | | | | | N1 | N2 | N3 |
| CO 100% | 1L | 85 % | 100° C | 20 min | 7,5 | 7,5 | 7,6 |
| Productos químicos y auxiliares | | | | Cantidad (ml/L) | | | |
| Extracto de higuera | | | | 100 | | | |
| Agua destilada | | | | 1000 | | | |
| Ligante | | | | 2 | | | |

Nota. La receta con la solución #1 fue determinada en experimentación.

Tabla 15.

Receta con la solución #2 de acabado

| Material | Volumen de agua | Pick up | Temperatura de secado | Tiempo de secado | Peso de la muestra (g) | | |
|---------------------------------|-----------------|---------|-----------------------|------------------|------------------------|-----|-----|
| | | | | | N1 | N2 | N3 |
| CO 100% | 1L | 85 % | 100° C | 20 min | 7,5 | 7,5 | 7,6 |
| Productos químicos y auxiliares | | | | Cantidad (ml/L) | | | |
| Extracto de higuera | | | | 800 | | | |
| Agua destilada | | | | 1000 | | | |
| Ligante | | | | 2 | | | |

Nota. La receta con la solución #2 fue determinada en experimentación.

Tabla 16.*Receta con la solución #3 de acabado*

| Material | Volumen de agua | Pick up | Temperatura de secado | Tiempo de secado | Peso de la muestra (g) | | |
|---------------------------------|-----------------|---------|-----------------------|------------------|------------------------|-----|-----|
| | | | | | N1 | N2 | N3 |
| CO 100% | 1L | 85 % | 100° C | 20 min | 7,5 | 7,5 | 7,6 |
| Productos químicos y auxiliares | | | | Cantidad (ml/L) | | | |
| Extracto de higuera | | | | 100 | | | |
| Agua destilada | | | | 1000 | | | |
| Ligante | | | | 5 | | | |

Nota. La receta con la solución #3 fue determinada en experimentación.

Tabla 17.*Receta con la solución #4 de acabado*

| Material | Volumen de agua | Pick up | Temperatura de secado | Tiempo de secado | Peso de la muestra (g) | | |
|---------------------------------|-----------------|---------|-----------------------|------------------|------------------------|-----|-----|
| | | | | | N1 | N2 | N3 |
| CO 100% | 1L | 85 % | 100° C | 20 min | 7,5 | 7,5 | 7,6 |
| Productos químicos y auxiliares | | | | Cantidad (ml/L) | | | |
| Extracto de higuera | | | | 800 | | | |
| Agua destilada | | | | 1000 | | | |
| Ligante | | | | 5 | | | |

Nota. La receta con la solución #4 fue determinada en experimentación.

3.9. Ensayos del comportamiento del acabado

Para determinar la eficacia del acabado se realiza la prueba de medición de los compuestos orgánicos volátiles el resultado da en ppm y la prueba de solidez al lavado se realiza con la finalidad de determinar la permanencia del acabado si es: permanente, semipermanente o no permanente.

3.9.1. Prueba de medición de los compuestos orgánicos volátiles

En la prueba de medición de los compuestos orgánicos volátiles (ppm) se realiza 12 muestras con solución del extracto de higuierilla y dos muestras una sin acabo ni transpiración y otra muestra sin acabado y con transpiración, con la finalidad de analizar el grado de eficacia del acabado.

Tabla 18.

Exposición de las muestras a transpirabilidad

| Nº Muestra | Extracto higuierilla (ml) | Ligante (ml) | Tiempo de exposición (min) |
|------------|------------------------------|--------------|-------------------------------|
| 1 | Sin acabado | - | 0 |
| 2 | Sin acabado | - | 40 |
| 3 | 100 | 2 | 40 |
| 4 | 100 | 2 | 40 |
| 5 | 100 | 2 | 40 |
| 6 | 800 | 2 | 40 |
| 7 | 800 | 2 | 40 |
| 8 | 800 | 2 | 40 |
| 9 | 100 | 5 | 40 |
| 10 | 100 | 5 | 40 |
| 11 | 100 | 5 | 40 |
| 12 | 800 | 5 | 40 |
| 13 | 800 | 5 | 40 |
| 14 | 800 | 5 | 40 |

Nota: El tiempo de exposición es determinado de acuerdo con el ejercicio realizado para lograr la transpiración en las muestras.

3.9.2. Prueba de solidez al lavado: Lavado tipo A

Para la prueba de solidez al lavado se realiza en el equipo Wascator mediante la norma ISO 6330:2012, que establece los procesos de lavado y secado doméstico para los ensayos textiles, el

tipo de detergente. Las muestras serán sometidas a un lavado después de medir los VOC, durante 5 ciclos y posteriormente se somete las muestras lavadas y secadas a la medición de VOC.

Tabla 19.

Condiciones para prueba de solidez al lavado doméstico

| | |
|-------------------------|----------|
| Equipo | Wascator |
| Lavado | Tipo A |
| Detergente | 20g “A” |
| Tiempo de lavado | 45 mins |
| Túnel de secado | 120 °C |

Fuente: Propia

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el siguiente capítulo se presentan los resultados adquiridos de las muestras que se sometieron al proceso de impregnación con las diferentes concentraciones del extracto de higuera y ligante, y la medición de los compuestos orgánicos volátiles (VOC) y la solidez al lavado doméstico, para posterior realizar el análisis de varianza y normalidad de los datos para determinar la confiabilidad de los resultados obtenidos en la experimentación.

4.1. Resultados de las pruebas

En esta sección se presentan los resultados obtenidos de las pruebas realizadas en la investigación: medición de las ppm antes y después del lavado mediante la norma ISO 6330:2012, de igual manera la temperatura y humedad relativa que se encuentra cada muestra durante la medición para obtener resultados más precisos se encuentra en este capítulo la tabla de clasificación de la medición de calidad del aire, para determinar si la cantidad de ppm es limitada, moderada o alta, de acuerdo con la tabla de calificación de calidad de aire y así saber si el acabado esta en el rango de no permanente, semipermanente o permanente.

4.1.1. Resultados de la medición de las ppm

En la **Tabla 20** se presentan los resultados obtenidos luego de realizar la medición de los compuestos orgánicos volátiles en las muestras de tejido plano 100% Co, las cuales fueron sometidas al acabado antibacterial con extracto de higuera, posteriormente estas muestras son expuestas a la transpiración durante un tiempo de 40 minutos, pasado este tiempo las muestras se dejan en reposo con la transpiración durante 48 horas, para ayudar a la colonización de bacterias y analizar los resultados obtenidos.

Tabla 20.*Resultados de la medición de VOC*

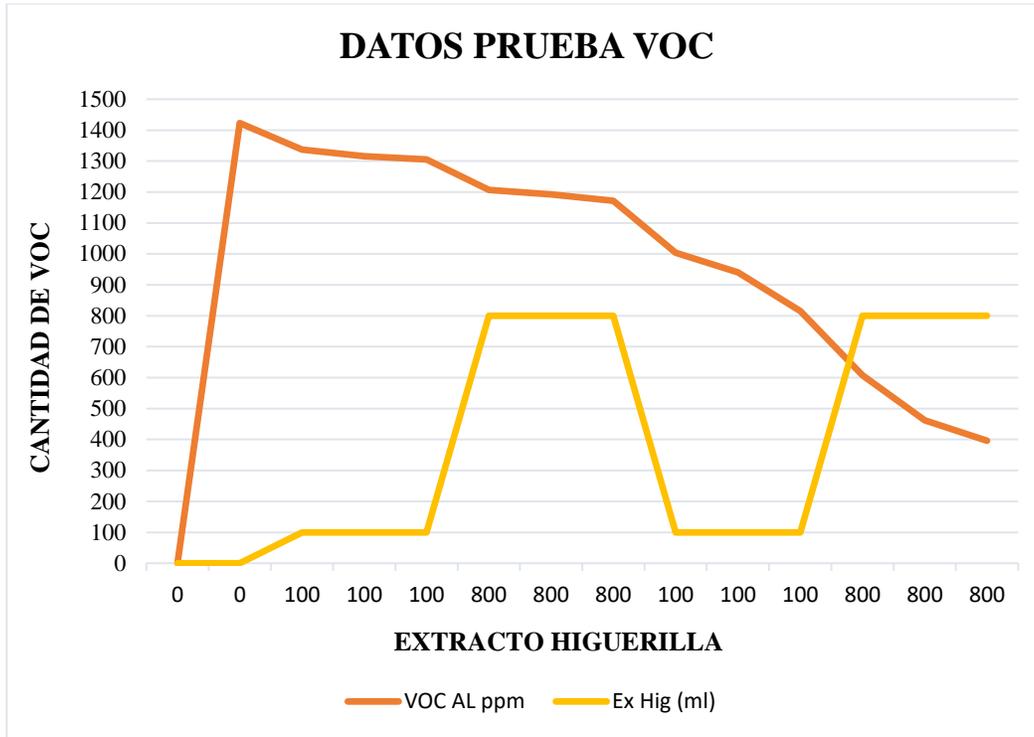
| CON ACABADO | | | | | |
|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|----------------|---------------|
| N° | Ex Hig (ml) | Ligante (ml) | Temperatura | Humedad | VOC AL |
| Muestra | | | C° | % | ppm |
| M1 | 0 | 0 | 23 | 67,2 | 1,423 |
| M2 | 100 | 2 | 22,7 | 82 | 1,337 |
| M3 | 100 | 2 | 22,7 | 82 | 1,316 |
| M4 | 100 | 2 | 22,7 | 82,3 | 1,305 |
| M5 | 800 | 2 | 22,6 | 83,7 | 1,207 |
| M6 | 800 | 2 | 22,5 | 83,2 | 1,192 |
| M7 | 800 | 2 | 22,6 | 84 | 1.172 |
| M8 | 100 | 5 | 21,9 | 81,8 | 1,004 |
| M9 | 100 | 5 | 21,9 | 82,4 | 940 |
| M10 | 100 | 5 | 21,8 | 83,3 | 815 |
| M11 | 800 | 5 | 21,8 | 83,3 | 608 |
| M12 | 800 | 5 | 21,7 | 82,9 | 462 |
| M13 | 800 | 5 | 21,6 | 83,6 | 396 |

Nota: Ex. Hig: Extracto de Higuerrilla.

En la **Tabla 20** se observa que existen diferentes factores experimentales los cuales son, la concentración de la higuerrilla la cual se expresa en ml/L y la concentración del ligante cc la cual es expresada en centímetros cúbicos. Se realiza 4 bloques con tres repeticiones. Como variable de respuesta se estudia la medida de VOC y solidez al lavado, para obtener los resultados y posterior ser pasado por las diferentes herramientas de análisis estadístico para verificar su confiabilidad al momento de querer repetir la investigación.

Figura 12.

Datos presencia VOC antes del lavado



En la **Figura 12** se presenta el análisis de las muestras con acabado y sin acabado. Obteniendo como resultado el ensayo que no tiene acabado antibacterial tiene un mayor porcentaje de ppm en comparación con las muestras que tienen el acabado antibacterial. Se especifica que las primeras 6 muestras son con una dosificación de ligante de 2 ml/L y las 6 muestras finales son con una concentración de 5 ml/L de ligante, obteniendo como conclusión que a mayor cantidad de extracto y de ligante se obtienen mejores resultados, consiguiendo disminuir la cantidad de compuestos orgánicos volátiles que se generan a partir de la descomposición de las bacterias generadas por la transpiración.

4.1.2. Calificación VOC

La cantidad de compuestos orgánicos volátiles depende de la eficiencia del acabado, debido a que las bacterias presentes en las muestras son los que generan la descomposición de los

compuestos y se presentan en estado gaseoso a la temperatura ambiente, determinando si la cantidad de VOC presente en el aire es limitado, moderado o alto de acuerdo con las ppm y de esta manera poder tener una clasificación de las muestras de acuerdo con la medición que estás presenten.

Tabla 21.

Calificación de las ppm del aire

| VOC/ ppm | Clasificación |
|----------------|---------------|
| 0 – 0,5 | Limitada |
| 0,501 – 0,600 | Limitada |
| 0,601 – 1,500 | Moderado |
| 1,501 – 3,000 | Moderado |
| 3,001 – 6,000 | Alto |
| 6,001 – 12,000 | Alto |

Fuente: Adaptada de Air Quality Logger (2022)

De acuerdo con la **Tabla 21** se procede a calificar los resultados obtenidos con la medición de las ppm de los compuestos orgánicos volátiles presentes en el aire, la experimentación realizada para saber cómo es la clasificación de cada una de las muestras con el acabado antibacterial con extracto de higuera.

En este caso la tabla nos da como valor más bajo 0 que otorga una calificación de limitada cantidad de ppm y la más alta de 12,000 teniendo una calificación de alto nivel de ppm en el aire de acuerdo con la tabla de clasificación del aire.

Tabla 22.*Detalle de las ppm en las muestras sin lavado*

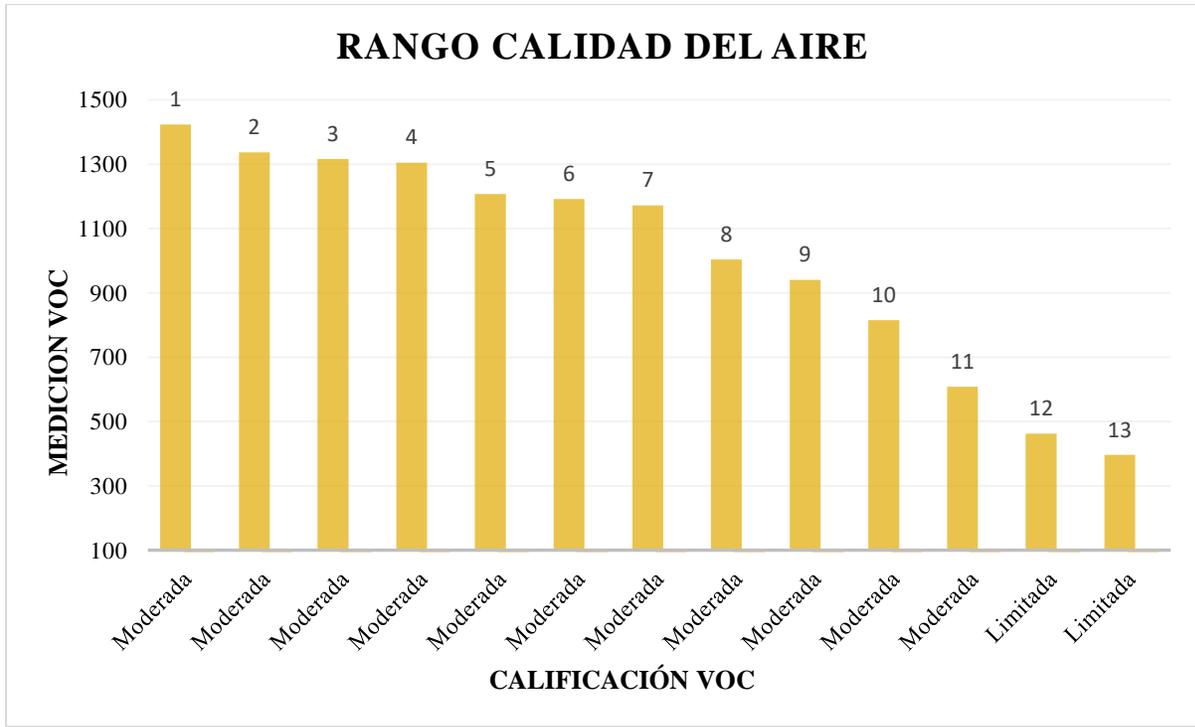
| Detalle de las ppm | | |
|---------------------------|------------|-------------------------------|
| Nº Muestra | VOC | Rango calidad del aire |
| M1 | 1,423 | Moderada |
| M2 | 1,337 | Moderada |
| M3 | 1,316 | Moderada |
| M4 | 1,305 | Moderada |
| M5 | 1,207 | Moderada |
| M6 | 1,192 | Moderada |
| M7 | 1,172 | Moderada |
| M8 | 1,004 | Moderada |
| M9 | 940 | Moderada |
| M10 | 815 | Moderada |
| M11 | 608 | Moderada |
| M12 | 462 | Limitada |
| M13 | 396 | Limitada |

Nota: Las muestras M12 y M13 se encuentran dentro del rango de buena calidad de aire.

De acuerdo con la **Tabla 22** los resultados obtenidos después de la medición de VOC se determina que de la muestra M0 a la M11 tienen una calificación moderada, las cuales se encuentran dentro del rango de calidad de aire buena, y la muestra M12 y M13 tienen una calificación limitada, concluyendo así que la calidad de aire es excelente, sin una cantidad moderada de VOC, siendo estas las que presentan los mejores resultados con el acabado antibacterial (extracto de higuera).

Figura 13.

Calificación de la calidad del aire antes del lavado



En la **Figura 13** se analiza el rango de calidad del aire de acuerdo con la medición de las ppm de los compuestos orgánicos volátiles presentes en las muestras con el acabado antibacterial, se obtiene como resultado que la M11 de las 13 muestras dan una calificación moderada de VOC en el aire, las cuales se encuentran dentro de un rango normal y las muestras M12 Y M13 tienen una calificación de limitada cantidad de VOC, obteniendo la calificación de excelente, de tal manera que las muestras N12 y N13 con concentración del extracto 800ml y 5 ml/L. de ligante son las que presentan los mejores resultados ya que genera menos cantidad de VOC presente en el aire.

4.1.3. Resultados de la solidez al lavado

A continuación, se detalla los resultados obtenidos después de realizar la prueba de solidez al lavado y secado doméstico con la norma ISO 6330:2012, con las diferentes variables como son la cantidad de extracto de higuera, la cantidad de ligante, temperatura en °C, humedad relativa en % y la medición de los ppm de los compuestos orgánicos volátiles.

Tabla 23.*Resultados de los VOC después del lavado*

| VOC DESPUÉS DEL LAVADO | | | | | |
|------------------------|-------------|--------------|-------------------|--------------|---------|
| N° Muestra | Ex Hig (ml) | Ligante (ml) | Temperatura C° | Humedad % | VOC ppm |
| M1 | 0 | 0 | 23,9 | 60,3 | 1,406 |
| M2 | 100 | 2 | 23,8 | 61,6 | 1,360 |
| M3 | 100 | 2 | 23,6 | 62,1 | 1,335 |
| M4 | 100 | 2 | 22,9 | 62,7 | 1,318 |
| M5 | 800 | 2 | 22,8 | 61,3 | 1,235 |
| M6 | 800 | 2 | 22,8 | 61,3 | 1,202 |
| M7 | 800 | 2 | 22,8 | 61,3 | 1.184 |
| M8 | 100 | 5 | 22,8 | 61,2 | 1,072 |
| M9 | 100 | 5 | 22,8 | 61,2 | 1,015 |
| M10 | 100 | 5 | 22,7 | 60,3 | 917 |
| M11 | 800 | 5 | 22,7 | 60,1 | 702 |
| M12 | 800 | 5 | 22,7 | 59,6 | 522 |
| M13 | 800 | 5 | 22,7 | 60,2 | 428 |

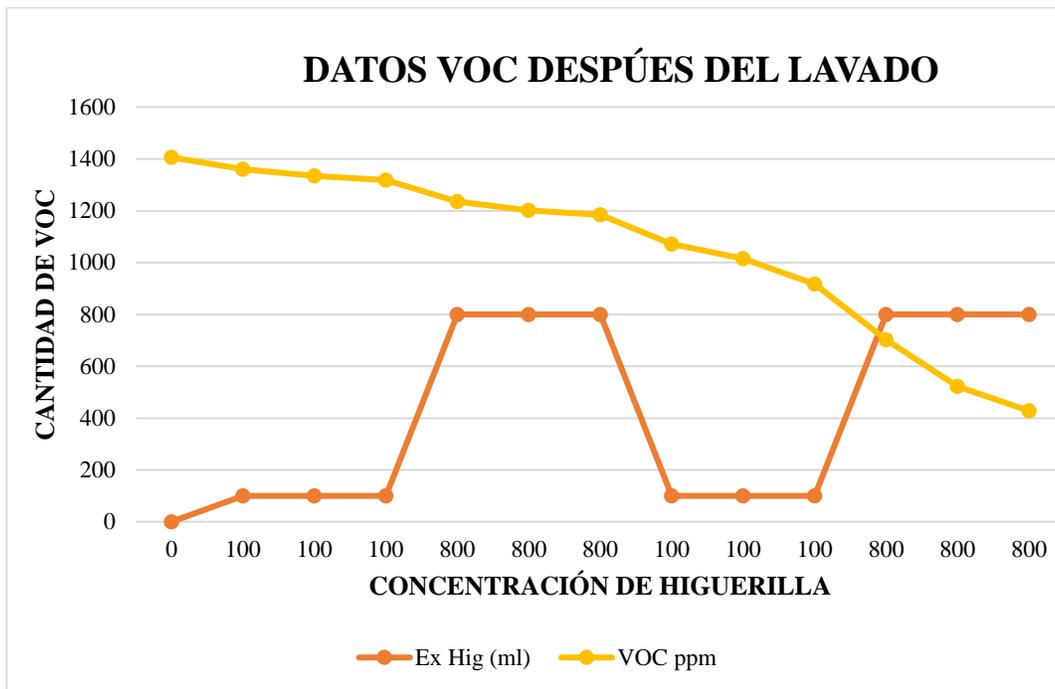
Nota: Ex. Hig: Extracto de Higuierilla.

Después de realizar el lavado y secado doméstico de acuerdo con la norma ISO 6330:2012, se obtienen los siguientes resultados que las muestra M12 y M13 que tienen 800 ml de extracto de

higuerilla y 5 ml/L de ligante, se encuentran dentro de la clasificación limitada cantidad de ppm en el aire, resultando así las muestras que presentan mejores resultados en comparación con las otras, ya que generan menos cantidad de compuestos orgánicos volátiles.

Figura 14.

Datos presencia VOC después del lavado



En la **Figura 14** se analizan los resultados obtenidos después de haber realizado el lavado y secado doméstico con la norma ISO 6330:2012, los datos obtenidos mediante la medición de los compuestos orgánicos volátiles se observa manera descendente, en donde más volumen de extracto de higuerilla y concentración de ligante tenga los compuestos orgánicos volátiles disminuyen, generando así una mejor calidad de aire y obteniendo los mejores resultados del acabado antibacterial.

Tabla 24.*Detalle de las ppm en las muestras después del lavado*

| Detalle de las ppm | | |
|---------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| N° Muestra | VOC DL (ppm) | Rango calidad del aire |
| M1 | 1,406 | Moderada |
| M2 | 1,360 | Moderada |
| M3 | 1,335 | Moderada |
| M4 | 1,318 | Moderada |
| M5 | 1,235 | Moderada |
| M6 | 1,202 | Moderada |
| M7 | 1,184 | Moderada |
| M8 | 1,072 | Moderada |
| M9 | 1,015 | Moderada |
| M10 | 917 | Moderada |
| M11 | 702 | Moderada |
| M12 | 522 | Limitada |
| M13 | 428 | Limitada |

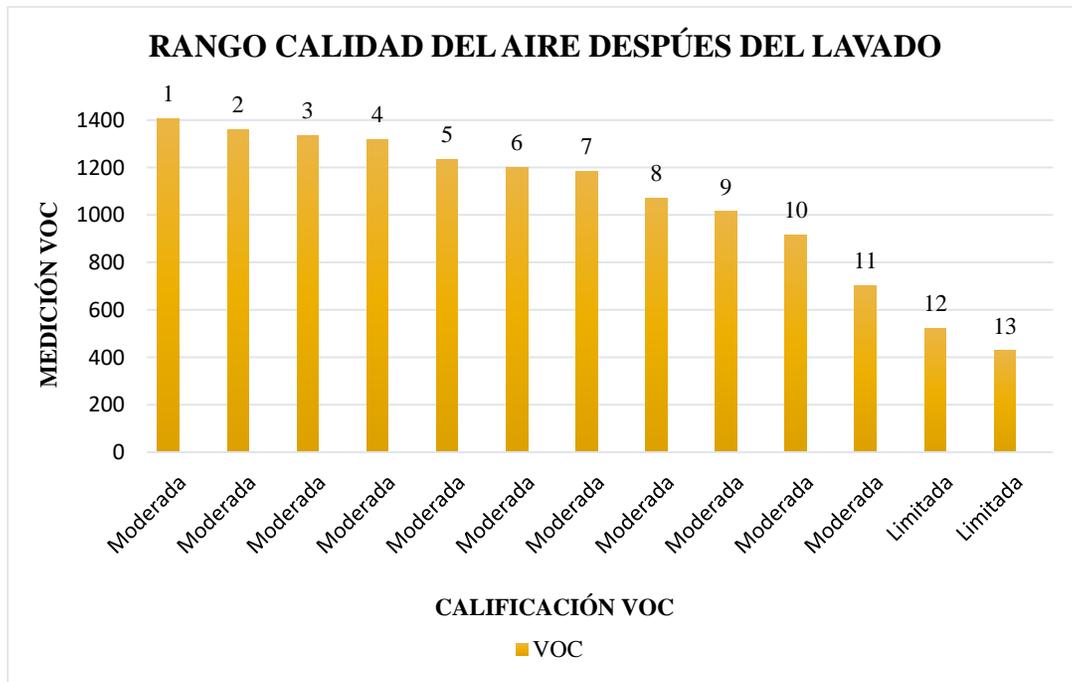
Nota: Las muestras M12 y M13 se encuentran dentro del rango de buena calidad de aire.

De acuerdo con la **Tabla 24** presenta los resultados después realizar el lavado y secado doméstico, la medición de VOC realizada después de la exposición a la transpiración, se determina que de la muestra M1 a la M11 tienen un calificación moderada, las cuales se encuentran dentro del rango de calidad de aire buena, y las muestras M12 y M13 tienen una calificación limitada, calificando de esta manera en calidad de aire excelente, siendo estas las que mejores resultados

obtuvo con el acabado antibacterial con extracto de higuera después del lavado, teniendo un rango mínimo de cambios con respecto a la cantidad de VOC antes y después del lavado.

Figura 15.

Calificación de la calidad del aire después del lavado



En la **Figura 15** se observa el rango de calidad del aire de acuerdo con la medición de los ppm de los compuestos orgánicos volátiles presentes en las muestras con el acabado antibacterial, después de ser sometidas al proceso de lavado y secado doméstico en el Wascator y el horno de secado de la planta textil, teniendo como resultado que de la M1 a la muestra M11 dan una calificación moderada de VOC en el aire, las cuales se encuentran dentro de un rango normal de ppm en el aire y las dos muestras finales M12 y M13 tienen una calificación de limitada cantidad de VOC, teniendo de esta manera que se encuentran dentro de un rango excelente de cantidad de ppm en el aire, de acuerdo con la tabla de clasificación de la máquina de medición de calidad de aire, de tal manera que las muestras M12 y M13 son las que mejores resultados obtuvieron y se mantuvieron posterior al lavado con la misma calificación, dando como resultado que el acabado resiste a la prueba de solidez al lavado y secado doméstico ISO 6330:2012.

4.1.4. Resultados general

En la **Tabla 25** se presenta los resultados que se obtienen de forma general de los datos obtenidos de las pruebas realizadas, donde se apreciar el número de muestra, la cantidad ml/L de extracto de higuera, la cantidad ml/L de ligante, la medición de VOC (ppm) antes del lavado, la medición de VOC (ppm) después del lavado y el rango de calidad de aire.

Tabla 25.

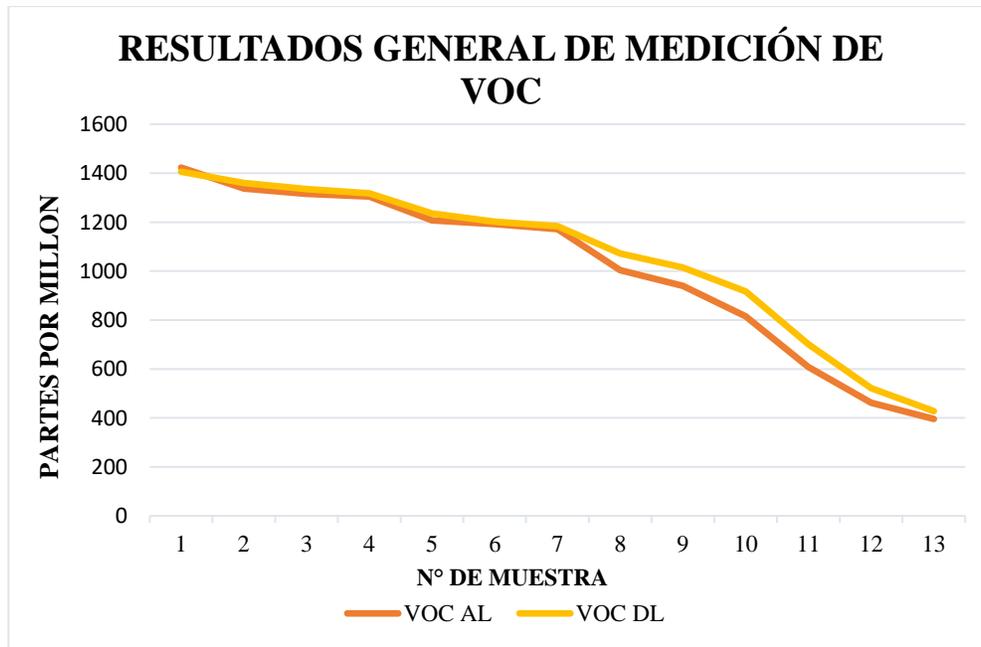
Medición general de VOC

| MEDICION GENERAL DE VOC | | | | | |
|-------------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|---------------------|
| Nº Muestra | Ex Hig (ml) | Ligante (ml) | VOC AL (ppm) | VOC DL (ppm) | RA Calidad del aire |
| M1 | 0 | 0 | 1,423 | 1,406 | Moderada |
| M2 | 100 | 2 | 1,337 | 1,36 | Moderada |
| M3 | 100 | 2 | 1,316 | 1,335 | Moderada |
| M4 | 100 | 2 | 1,305 | 1,318 | Moderada |
| M5 | 800 | 2 | 1,207 | 1,235 | Moderada |
| M6 | 800 | 2 | 1,192 | 1,202 | Moderada |
| M7 | 800 | 2 | 1,172 | 1,184 | Moderada |
| M8 | 100 | 5 | 1,004 | 1,072 | Moderada |
| M9 | 100 | 5 | 940 | 1,015 | Moderada |
| M10 | 100 | 5 | 815 | 917 | Moderada |
| M11 | 800 | 5 | 608 | 702 | Moderada |
| M12 | 800 | 5 | 462 | 522 | Limitada |
| M13 | 800 | 5 | 396 | 428 | Limitada |

Nota: Las codificaciones propuestas para las pruebas realizadas son las siguientes: **Ex Hig:** Extracto de higuera Compuestos orgánicos volátiles antes del lavado, **VOC DL:** Compuestos orgánicos volátiles después del lavado, **RA:** Rango calidad de aire.

Figura 16.

Resultados generales de medición de VOC



En la **Figura 16** se observa los resultados que se obtiene después de realizar las pruebas de medición de compuestos orgánicos volátiles antes y después del lavado 3A, en donde se analiza que los ppm después del lavado han aumentado, en comparación con los ppm antes del lavado, así que se determinó que el acabado antibacterial permanece impregnado en las muestra, obteniendo como resultado que es un tipo de acabado semipermanente.

Se concluye que existe una mayor cantidad de bacterias que están colonizando las muestras y degradando la transpiración, por lo que el medidor de calidad de aire mide más ppm presentes en el aire; de manera que, más cantidad de bacterias presentes se encuentren en las muestras más compuestos orgánicos volátiles estarán presentes en la tela y viceversa.

4.2. Discusión de resultados

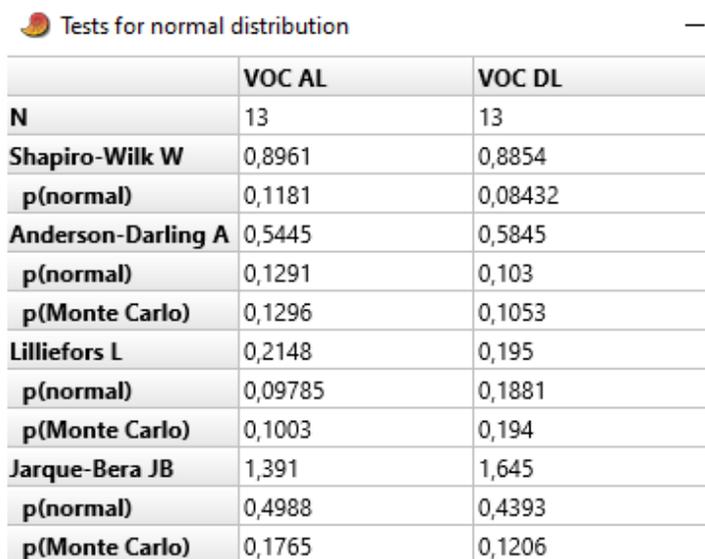
A continuación, se presentan los datos recopilados en la investigación que son sometidos a una evaluación de confiabilidad de datos mediante el programa estadístico PAST 4.

4.1.5. Normalidad de los datos

Se realiza el análisis de la normalidad con la finalidad de conocer el grado de confiabilidad de los valores obtenidos en cada una de las pruebas realizadas. En la presente investigación, se realiza la normalidad de datos por los siguientes métodos numéricos: Shapiro-Wilk (W), Anderson-Darling (A), Lilliefors (L) y Jarque-Bera (JB). Teniendo en cuenta que para estos cuatro grupos estadísticos se deben obtener valores mayores a 0.05 para tener un nivel de confiabilidad del 95%.

Figura 17.

Análisis de normalidad de datos



| | VOC AL | VOC DL |
|---------------------------|---------|---------|
| N | 13 | 13 |
| Shapiro-Wilk W | 0,8961 | 0,8854 |
| p(normal) | 0,1181 | 0,08432 |
| Anderson-Darling A | 0,5445 | 0,5845 |
| p(normal) | 0,1291 | 0,103 |
| p(Monte Carlo) | 0,1296 | 0,1053 |
| Lilliefors L | 0,2148 | 0,195 |
| p(normal) | 0,09785 | 0,1881 |
| p(Monte Carlo) | 0,1003 | 0,194 |
| Jarque-Bera JB | 1,391 | 1,645 |
| p(normal) | 0,4988 | 0,4393 |
| p(Monte Carlo) | 0,1765 | 0,1206 |

En la **Figura 17** se evidencia que las 13 muestras fueron sometidas a la prueba de normalidad antes y después del lavado, en los cuatro estadísticos utilizados para la investigación antes mencionados, se obtienen resultados superiores a 0.05 confirmando que, los datos obtenidos mediante la experimentación y analizados en el software estadístico PAST 4 tienen, una confiabilidad superior al 95% y pueden ser replicados en futuras investigaciones.

4.1.6. Evaluación de resultados

Luego de haber realizado las pruebas de medición de los compuestos orgánicos volátiles VOC en unidad de ppm, se obtuvieron los resultados generales que se presentan en la siguiente tabla en

donde se especifica el N° de muestra, extracto de higuera (ml), ligante (ml), VOC antes del lavado, VOC después del lavado (ppm) y el rango de calidad de aire.

Tabla 26.

Medición general de VOC

| MEDICION GENERAL DE VOC | | | | | |
|--------------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| N° Muestra | Ex Hig (ml) | Ligante (ml) | VOC AL (ppm) | VOC DL (ppm) | RA Calidad del aire |
| M1 | 0 | 0 | 1,423 | 1,406 | Moderada |
| M2 | 100 | 2 | 1,337 | 1,360 | Moderada |
| M3 | 100 | 2 | 1,316 | 1,335 | Moderada |
| M4 | 100 | 2 | 1,305 | 1,318 | Moderada |
| M5 | 800 | 2 | 1,207 | 1,235 | Moderada |
| M6 | 800 | 2 | 1,192 | 1,202 | Moderada |
| M7 | 800 | 2 | 1,172 | 1,184 | Moderada |
| M8 | 100 | 5 | 1,004 | 1,072 | Moderada |
| M9 | 100 | 5 | 940 | 1,015 | Moderada |
| M10 | 100 | 5 | 815 | 917 | Moderada |
| M11 | 800 | 5 | 608 | 702 | Moderada |
| M12 | 800 | 5 | 462 | 522 | Limitada |
| M13 | 800 | 5 | 396 | 428 | Limitada |

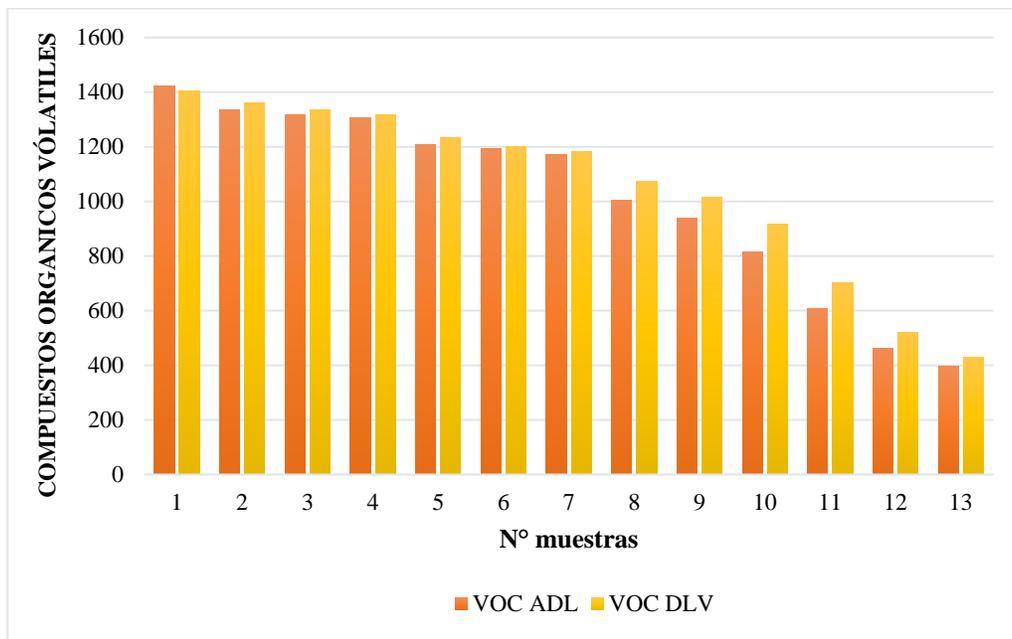
Nota: las codificaciones propuestas para las pruebas realizadas **Ex Hig:** Extracto de higuera, **VOC AL:** Compuestos orgánicos volátiles antes del lavado, **VOC DL:** Compuestos orgánicos volátiles después del lavado, **RA:** Rango calidad de aire.

Los resultados obtenidos mediante el análisis de medición de calidad de aire, indica que las muestras que son sometidas a menor concentración de higuera y ligante obtuvieron mayor cantidad de concentración VOC en el tejido de algodón, como son las muestras M2, 3 y 4, con 100m/L de extracto de higuera y 2ml/L de ligante y a su vez las muestras M5, 6 y 7, con 800ml/L de extracto de higuera y 2ml/L de ligante, estas muestras son las que tienen un menor grado de eficacia en cuanto al acabado antibacterial, las mismas que al ser sometidas al proceso de lavado doméstico mediante la norma ISO 6330:2012, obteniendo resultados similares. Por otra parte, las

muestras M8, 9 y 10 con 100ml/L de extracto de higuera y 5ml/L de ligante y a su vez las muestras M11, 12 y 13, con 800ml/L de extracto de higuera y 5ml/L de ligante presentan mayor grado de eficiencia, teniendo en cuenta que de igual manera se realizó el lavado mediante la norma. Dando como resultado que a mayor concentración de ligante 5 ml/L se obtiene mejores resultados, no obstante, las muestras M12 y 13, con 800ml/L de extracto de higuera y 5ml/L de ligante, minimiza la producción de bacterias en el sustrato textil.

Figura 18.

Comparación de los VOC antes y después del lavado



En la **Figura 18**, se presenta las muestras que, sometidas a la prueba de solidez al lavado doméstico, tipo A, presentan un mayor porcentaje en comparación con las muestras no sometidas al proceso de lavado, dando como resultado que el acabado antibacterial realizado es semipermanente, ya que la norma ISO 6330:2012 replica 13 lavados, y los resultados obtenidos después de la misma son excelentes después de la prueba, definiendo de esta manera que el acabado permanece aún en el sustrato textil.

Después de realizar un cálculo para determinar el % de crecimiento que existe después de realizar la prueba de solidez al lavado se obtiene los siguientes resultados:

Tabla 27.

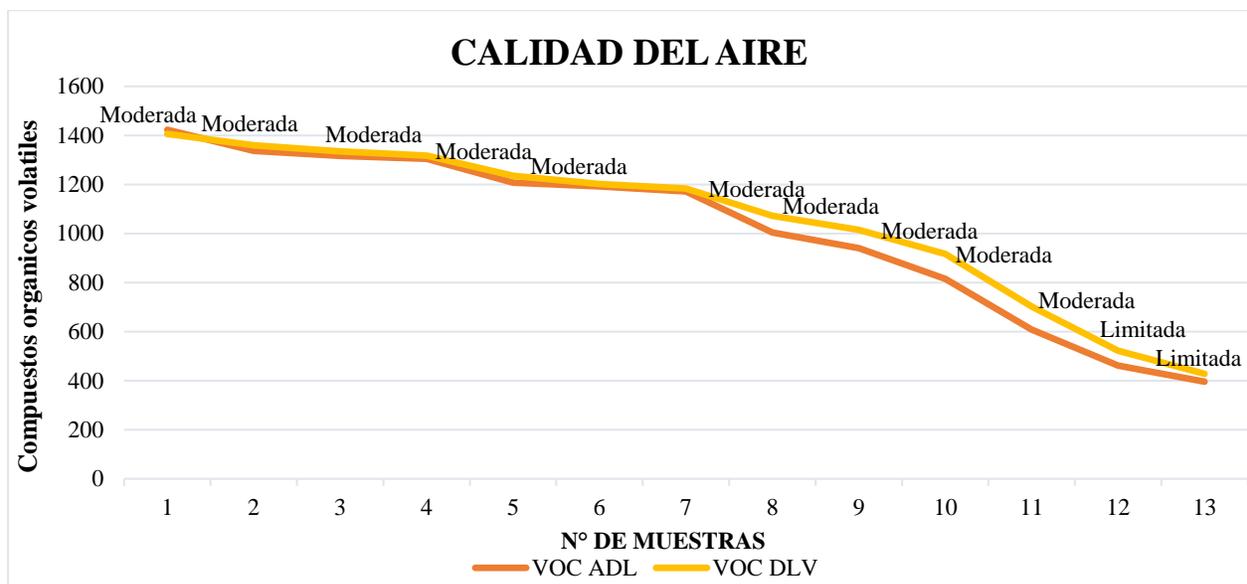
Tasa porcentual de crecimiento de bacterias %

| N° Muestra | Ex Hig (ml) | Ligante (ml) | VOC AL (ppm) | VOC DL (ppm) | Crecimiento VOC % |
|------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|
| M1 | 100 | 2 | 1,319 | 1,337 | 1,37 |
| M2 | 800 | 2 | 1,190 | 1,207 | 1,43 |
| M3 | 100 | 5 | 920 | 1,001 | 9 |
| M4 | 800 | 5 | 489 | 551 | 12 |

En la **Tabla 27** se puede observar que el % de crecimiento de los compuestos orgánicos volátiles después de hacer un promedio entre las diferentes recetas que se realizó, da los resultados presentados, se analiza que en la M5 en donde se encuentra las dos mejores muestras las cuales son M12 Y M13 que tienen extracto de 800ml/L y 5 ml/L de ligante las cuales se encuentran en el rango de calificación de VOC limitada, estas muestras son las que mejores resultados obtuvieron y en las cuales el % de crecimiento de bacterias es del 12%, dando como resultado una efectividad del acabado antibacterial del 88% lo cual hace que el acabado sea semipermanente ya que todavía se encuentra presente el efecto antibacterial inhibiendo el crecimiento y la proliferación de las bacterias.

Figura 19.

Análisis de rango de calidad de aire



En la **Figura 19** se analiza las muestras sometidas al acabado antibacterial antes y después de la prueba de solidez al lavado doméstico mediante la norma ISO 6330:2012, en donde se obtiene que las muestras M 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 y 11 se les califica con una ponderación de moderada, lo cual significa que la presencia de compuestos orgánicos volátiles presentes no es ni excesiva ni limitada, dando de esta manera un buen resultado.

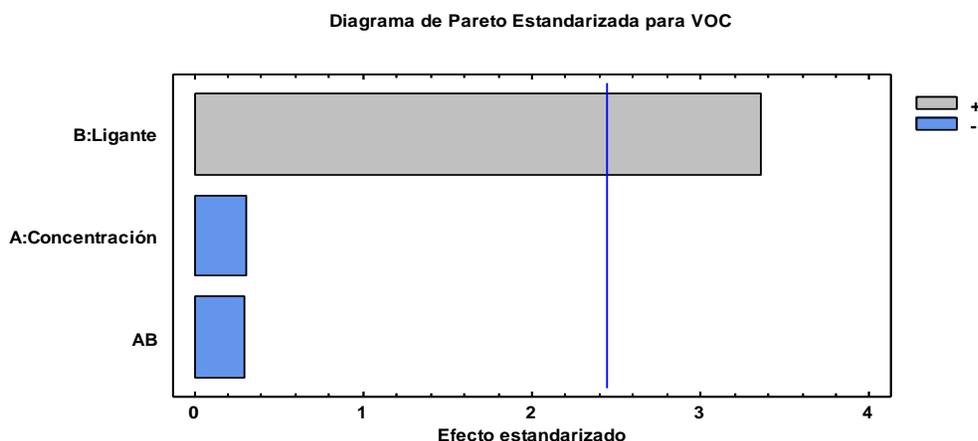
Determinando que el acabado antibacterial no permite el crecimiento de bacterias, no obstante las muestras M12 y 13 son las que mejor calificación obtuvieron de acuerdo a la tabla de calificación de VOC, las cuales se encuentran presentes dentro del rango de calificación limitada, dando como resultado que estas muestras son las que menor colonización de bacterias en el tejido, obteniendo en un rango entre 400 y 550 ppm de compuestos orgánicos volátiles, los cuales dan como resultado que la eficiencia del resultado es 88% y que puede ser utilizada en los tejidos de algodón para minimizar el crecimiento de bacterias y reducir el mal olor.

Después de la pruebas realizadas para medir los ppm de los compuestos orgánicos volátiles, se obtuvo como resultado que la variable que tiene un mayor efecto en el acabado antibacterial es el ligante, el cual en la investigación se ha realizado las recetas con 2 cc y 5cc, para las diferentes muestras, para el proyecto se eligió el ligante (tampón) en este caso es de composición polímero acuoso y de carácter aniónico, de apariencia líquido y de color blanco, utilizado de manera adecuada logra un grado de adhesión y cohesión necesarias del acabado con el tejido de algodón 100%.

Este tipo de características son importantes para que el extracto de higuierilla pueda ser adherido de mejor manera al tejido textil de algodón; además de las características de película que estos forman sobre la tela, como el grado de dureza, flexibilidad, solidez a agentes químicos, a la acción de la luz, termo plasticidad, genera un tacto suave, entre otros, los cuales son necesarios para que el acabado obtenga mejores resultados.

Figura 20.

Diagrama de Pareto estandarizada para medición de VOC



Como se observa en la **Figura 20** en donde se coloca los factores experimentales del acabado que son la concentración de higuierilla y el ligante, se obtuvo como resultado que el factor que tiene un mayor énfasis es el ligante, dando como resultado que las muestras que obtuvieron los mejores resultados son las muestras M12 y M13 las cuales tienen 800ml/L de extracto de higuierilla y 5ml/L de ligante.

Para tener una mejor comprensión de los datos, se realizó el cálculo del índice de efectividad (I_{ef}) el cual representa la acción del efecto antibacterial en el sustrato textil de algodón, él cual se obtiene mediante el cálculo entre la concentración de higuierilla y las partes por millón de VOC monitoreados en la muestra antes de la prueba de la solidez al lavado y secado doméstico, tal como presenta Arellano (2017) a continuación:

Muestra 1

$$I_{ef} = \frac{\text{Concentración de higuierilla}}{\text{Partes por millon VOC}}$$

Datos

- Concentración de higuierilla: 0ml/L
- Partes por millón VOC: 1,423

Cálculo

$$Ief: \frac{0ml/l}{1,423ppm}$$

$$Ief = 0$$

Ejecutando el mismo cálculo del índice de efectividad en todas las muestras antes de la prueba de la solidez al lavado mediante la norma ISO 6330:2012, se obtuvieron los resultados que se presentan a continuación:

Tabla 28.

Índice de efectividad del acabado antibacterial AL.

| N° Muestra | Ex Hig (ml) | Ligante (ml) | VOC AL ppm | Íef |
|------------|-------------|--------------|------------|------|
| M1 | 0 | 0 | 1,423 | 0 |
| M2 | 100 | 2 | 1,337 | 0,07 |
| M3 | 100 | 2 | 1,316 | 0,08 |
| M4 | 100 | 2 | 1,305 | 0,07 |
| M5 | 800 | 2 | 1,207 | 0,66 |
| M6 | 800 | 2 | 1,192 | 0,67 |
| M7 | 800 | 2 | 1,172 | 0,68 |
| M8 | 100 | 5 | 1,004 | 0,10 |
| M9 | 100 | 5 | 940 | 0,11 |
| M10 | 100 | 5 | 815 | 0,12 |
| M11 | 800 | 5 | 608 | 1,31 |
| M12 | 800 | 5 | 462 | 1,73 |
| M13 | 800 | 5 | 396 | 2,02 |

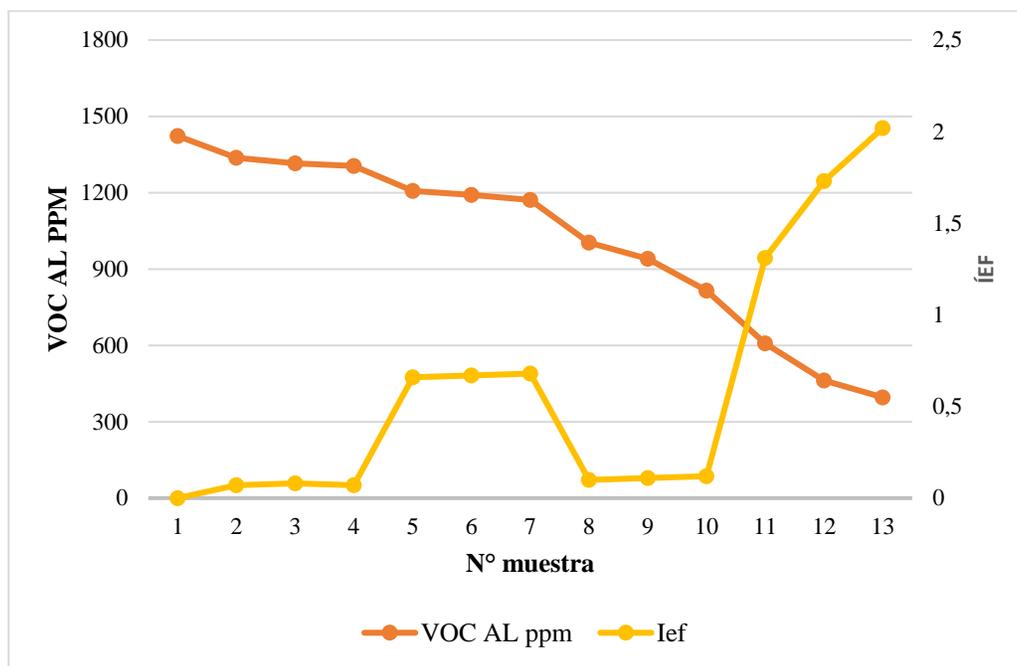
Nota: Las codificaciones propuestas para las pruebas realizadas **Ex Hig:** Extracto de higuera, **VOC AL:** Compuestos orgánicos volátiles antes del lavado, **Ief:** Índice de efectividad.

De acuerdo con los resultados obtenidos después de haber realizado el cálculo del índice de efectividad de las muestras antes de la prueba ISO 6330:2012, se obtiene que la muestra M1 la cual no tiene ni extracto y ligante, no posee efectividad dando como resultado 0, en las siguientes

muestras se observa que a mayor extracto de higuera y ligante, el Íef aumenta teniendo como resultado que es directamente proporcional.

Figura 21.

Índice de efectividad del acabado antibacterial AL



En la **Figura 21** se observa lo antes descrito que a mayor concentración de higuera y ligante se obtiene los mejores resultados en el Íef, y así mismo en la medición de los ppm de los compuestos orgánicos volátiles, teniendo en cuenta que el factor de Íef es inconsistente en el gráfico, esto es debido a que las muestras M1, M2, M3, M4 y M8, M9, M10, son aquella que tienen una concentración de extracto de higuera de 100ml/L, 2 y 5ml/L de ligante respectivamente, dando como resultado que son las que obtuvieron un menor índice de efectividad del acabado antibacterial, a comparación de las muestras M5, M6, M7 y M11, M12, M13 que tienen una concentración de extracto de higuera de 800ml/L, 2 y 5ml/L de ligante respectivamente, teniendo un mayor grado de eficiencia del acabado.

Análisis de resistencia a la prueba de solidez al lavado

Se realizó la prueba de solidez al lavado y secado domestico mediante la norma ISO 6330:2012, la cual simula 13 ciclo de lavados, con el fin de saber si el acabado permanece presente

en las muestras después de la prueba, en la siguiente tabla se realizó el cálculo de Íef para comparar con los resultados obtenidos antes de la prueba.

Tabla 29.

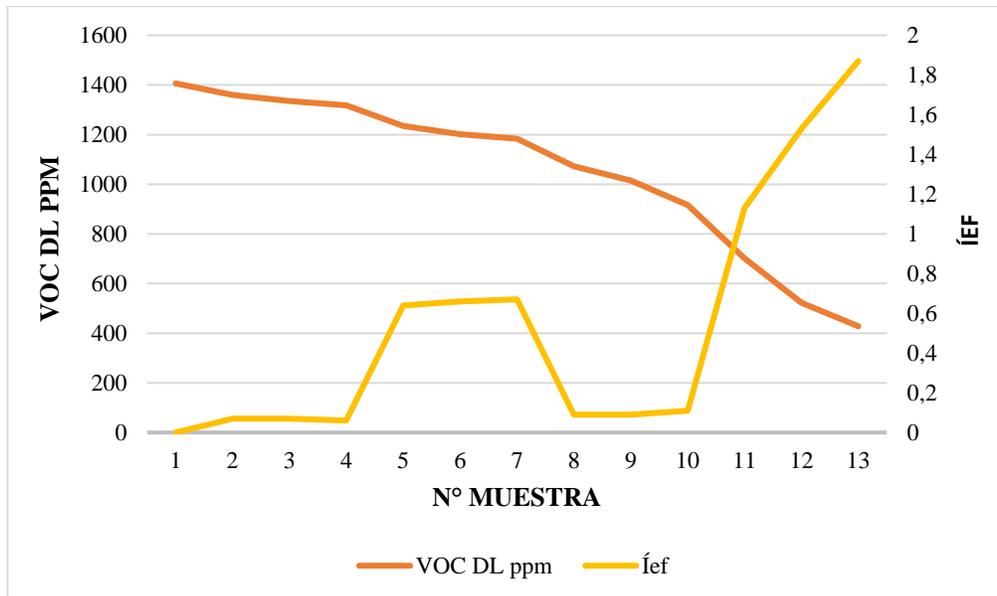
Índice de efectividad del acabado antibacterial DL.

| N° Muestra | Ex Hig (ml) | Ligante (ml) | VOC DL ppm | Íef |
|------------|-------------|--------------|------------|------|
| M1 | 0 | 0 | 1,406 | 0 |
| M2 | 100 | 2 | 1,360 | 0,07 |
| M3 | 100 | 2 | 1,335 | 0,07 |
| M4 | 100 | 2 | 1,318 | 0,06 |
| M5 | 800 | 2 | 1,235 | 0,64 |
| M6 | 800 | 2 | 1,202 | 0,66 |
| M7 | 800 | 2 | 1,184 | 0,67 |
| M8 | 100 | 5 | 1,072 | 0,09 |
| M9 | 100 | 5 | 1,015 | 0,09 |
| M10 | 100 | 5 | 917 | 0,11 |
| M11 | 800 | 5 | 702 | 1,13 |
| M12 | 800 | 5 | 522 | 1,53 |
| M13 | 800 | 5 | 428 | 1,87 |

Nota: Las codificaciones propuestas para las pruebas realizadas **Ex Hig:** Extracto de higuera, **VOC DL:** Compuestos orgánicos volátiles después del lavado, **Ief:** Índice de efectividad.

Figura 22.

Índice de efectividad del acabado antibacterial DL



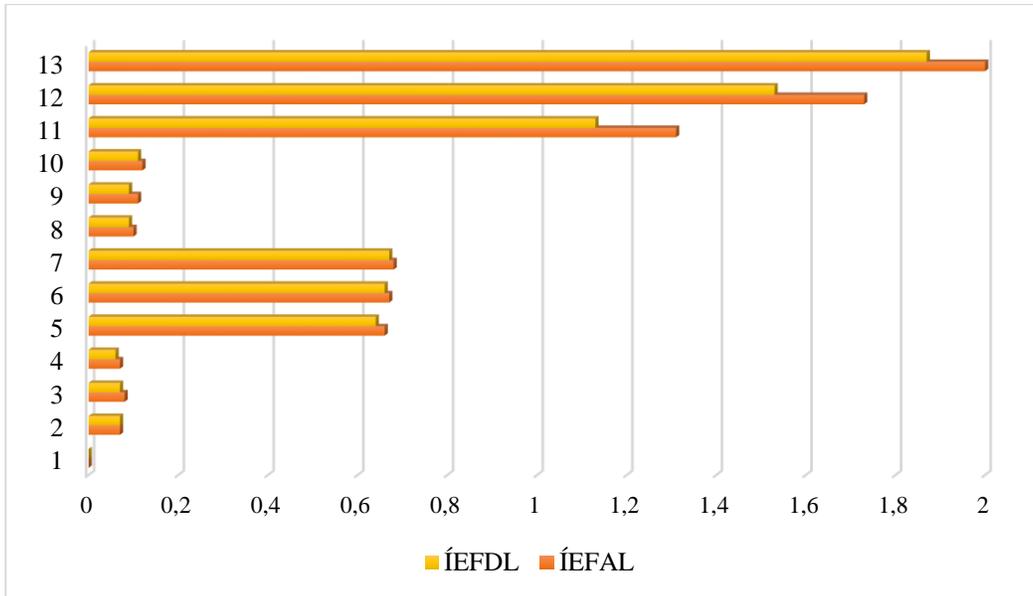
En la **Figura 22** se observa que el índice de efectividad después de realizarse la prueba de solidez mediante la norma, obtiene excelentes resultados dado a que el acabado antibacterial aún permanece y cumple su función en cada una de las muestras, dando como resultado que las muestras M12 y M13 que son aquellas que obtuvieron una calificación de calidad de aire limitada, antes del lavado, siguen entrando dentro del rango, manteniendo de esta manera estas muestras como las mejores con una concentración de 800ml/L de higuerilla y con 5 ml/L de ligante.

Las muestras obtuvieron una buena resistencia a la prueba ISO 6330:2012, ya que después de 13 ciclos de lavados, el acabado sigue presente y su índice de efectividad no ha disminuido, dando como resultado que en promedio se obtiene una eficiencia del 88% lo cual califica dentro de un acabado semipermanente.

Para lograr tener una mejor comprensión se realizó un diagrama de barras en donde se compara el índice de efectividad del acabado antes y después de la prueba de solidez al lavado y se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura 23.

Comparación de Íef antes y después del lavado



Se puede observar que después de haber sometido las muestras a la prueba de solidez al lavado, la cantidad de VOC aumento, de tal manera que el índice de efectividad se reduce un 12% en promedio, dando como resultado que el acabado antibacterial permanece presente en las muestras y tiene un efecto inhibición en el crecimiento de bacterias de un 88% reduciendo los VOC y dando efectividad al acabado antibacterial con extracto de higuera.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Mediante el proceso de investigación se examinaron diversas fuentes bibliográficas, de las cuales se obtuvo una amplia información sobre los beneficios de la higuera “*Ricinus Communis*” como acabado antibacterial en un sustrato textil, y sus características generales, de esta manera permitiendo tener una base de información confiable y sustentable, la cual permitió tomar el camino adecuado para la ejecución de la parte práctica del proyecto.

Se concluye que las muestras impregnadas con 800 ml/L de extracto de higuera y 5 ml/L de ligante, presenta un promedio 488.66 ppm obteniendo como calificación en el rango de calidad de aire de limitada cantidad de VOC, dando como resultado que en estas muestras se encuentran menos cantidad de bacterias, aquellas que descomponen y degradan la transpiración convirtiéndolo en VOC el cual el medidor percibe en el aire.

Se obtuvo como resultado que la variable que tiene un mayor efecto en el acabado antibacterial es el ligante, en este caso de composición polímero acuoso y de carácter aniónico, utilizado de manera adecuada logra un grado de adhesión y cohesión necesarias, infiriendo que las muestras que obtuvieron los mejores resultados son las muestras M12 y M13 las cuales tienen 800ml/L de extracto de higuera y 5ml/L de ligante, las cuales después de la prueba de solidez al lavado y secado doméstico posee un 88% de propiedad antibacterial.

Para comprobar el acabado antibacteriano las muestras se sometieron al proceso de la prueba de solidez al lavado y secado doméstico mediante la norma ISO 6330:2012, la misma que simula el efecto de trece lavados domésticos, en el cual hubo una pérdida del 12% de la acción antibacterial, clasificando al acabado como semipermanente, en donde las muestras M12 y M13 que tienen extracto de 800ml/L y 5 ml/L de ligante las cuales se encuentran en el rango de calificación de VOC limitada, estas muestras son las que mejores resultados obtuvieron y en las

cuales el % de crecimiento de bacterias es del 12%, dando como resultado una efectividad del acabado antibacterial del 88%.

Se concluye también que a mayor ml/L de extracto de higuera y ligante impregnado en el sustrato textil, las propiedades antibacteriales aumentan dando un mejor resultado como la muestra M12 con 800ml/L y 5 ml/L de ligante la cual tiene un crecimiento de bacterias del 12% y propiedad antibacterial del 88%, y la muestra N13 con 800ml/L y 5 ml/L la cual tiene crecimiento de 8% y una propiedad antibacterial del 92%, dando como resultado un 90% de efectividad del acabado inhibiendo el crecimiento de bacterias, de tal manera disminuyendo los VOC que tienden a proliferarse a partir de la composición de las bacterias generadas por el sudor al contacto con el cuerpo.

Mediante el uso de las diferentes herramientas estadísticas, Past 4 y Excel se realizó el análisis de los valores recopilados haciendo énfasis en determinar, la normalidad de datos, con los que se puede concluir que a medida que la cantidad de higuera y ligante aumenta, la presencia de las bacterias disminuye, dando como resultado una cantidad limitada de VOC. En la normalidad de datos se demuestra que los resultados del p valor en los métodos de Shapiro Wilk, Anderson Darling A, Jarque Bera JB y Lilliefors L, son mayores a 0.05, estableciendo que los datos tienen una confiabilidad del 95%.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda que para el proceso de recolección de la hoja de higuera se lo realice de una misma zona, debido a que al obtener de diferentes lugares estas pueden variar sus propiedades.

Es recomendable que se obtenga el extracto de higuera por otro método ya sea pulverizado, macerado, infusión, entre otros, para determinar si varían los resultados a diferencia de esta investigación.

Al momento de realizar la medición de los compuestos orgánicos volátiles (ppm) se recomienda realizar en un lugar a temperatura ambiente, y la cámara de aislamiento de vidrio donde se realice

la medición sea con medias proporcionales a la medida de la muestra que se va a medir, y de igual manera las muestras se encuentren numeradas para no tener confusiones.

Se recomienda para futuras investigaciones dentro del campo textil realizar el proceso por el método de agotamiento para determinar cuáles son las variables que cambian, y con qué método se obtiene mejores resultados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Acántara, J. M. (2007). *Compuestos orgánicos volátiles en el medio ambiente*.
- Alberto Brunete, P. S. (2020). *Introducción a la Automatización Industrial*. Madrid.
- Aldama, O. N. (2016). *“Libro de texto de Microbiología Pecuaria”*. Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.
- Anónimo. (s/f). *Fuerza y Presión en los fluidos*. Obtenido de <http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esofisicaquimica/4quincena4/impresos/quincena4.pdf>
- Arellano, I. (2017). *“Acabado desodorizante en camisetas algodón/poliéster con carbón activo de coco”*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Arrow. (2021). *Sensores de calidad de aire*. Obtenido de <https://www.arrow.com/es-mx/categories/sensors/air-quality-sensors>
- Bautista, C. (2022). *“Aplicación de un acabado con lignina de bambú (angustifolia) mediante el método de agotamiento en tejido jersey 100% poliéster para determinar su propiedad antibacteriana.”*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Benavides, K. (2017). *“Acabado antibacterial en calcetines de acrílico con triclosán”*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Bonet, A. G. (2005). Desodorantes y antitranspirantes. *Dermofarmacia*.
- Campo, C. (2020). *“Aplicación de colágeno de escamas de tilapia en vendas textiles destinadas al tratamiento de heridas superficiales por el método de impregnación”*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Cevallos, G. (2015). *“Optimización del proceso de blanqueo en tela toalla de algodón 100% en base de un producto con oxígeno activo”*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Chitichotpanya, T. I. (2018). *Teñibilidad y acabado antibacteriano de la tela de cáñamo usando Extracto de neem bioactivo natural*. Tailandia: Universidad de Thammasat.
- Colmenero, R. R. (2013). Competitividad de la higuera (ricinus communis) para biocombustible en relación a los cultivos actuales en el edo. de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 32, 306-318.
- Constitución de la república del Ecuador. (2019). *Constitución de la república del Ecuador*.

- Detector, A. Q. (2022). *Air Quality Monitor*. Obtenido de <https://air8.tech/wp-content/uploads/2021/06/08-GUARD-PRO-Manual-Website-2.pdf>
- E.Vera, J. M. (2005). Neoplasias de glándulas sudoríparas. *Dermatología Peruana*, 221.
- Editor. (21 de Junio de 2013). *Procedimiento para la solidez del color al lavado domestico b1m*. Obtenido de <https://conocimientosweb.net/dcmt/ficha12751.html>
- Escalona, L. &-F. (2012). Los sensores químicos y su utilidad en el control de gases contaminantes. *INGENIERÍA UC*, 19(1), 74-88.
- Escoto García, T. &. (2012). Optimización de Mezclas fibrosas de Ricinus communis L y Triticum sativum a la Sosa para Papel Corrugado. *Conciencia Tècnologica* , 51.
- Farinango, E. (2017). “*Estudio comparativo de las propiedades obtenidas en camisetas deportivas, calcetería, prendas de bebé y productos para la limpieza, elaborados con microfibras de poliéster y algodón*”. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Fideicomiso de Riesgo Compartido. (15 de Febrero de 2017). *Higuerilla, planta convertida en aceite*. Obtenido de <https://www.gob.mx/firco/articulos/higuerilla-planta-convertida-en-aceite?idiom=es>
- FlexBooks. (2021). *Características de las bacterias*. Obtenido de <https://flexbooks.ck12.org/cbook/ck-12-conceptos-de-ciencias-de-la-vida-grados-6-8-en-espanol/section/5.1/primary/lesson/caracter%C3%ADsticas-de-las-bacterias/>
- González, J. (2019). “*Extracción y evaluación de extractos de la hoja de higuerilla (Ricinus Communis) para aplicación antioxidante*”. Mexicali: Universidad Autónoma de Baja California.
- Google Maps. (2022). Obtenido de <https://www.google.com.ec/maps/place/Ingenieria+Textil+UTN/@0.3779989,-78.125554,17z/data=!3m1!4m5!3m4!1s0x8e2a3b4573ee6185:0xaccdd8e286efad45!8m2!3d0.3779989!4d-78.1233653?hl=es>
- Guato, E. (2017). “*Diseño, construcción y puesta a punto de una máquina de pruebas para el tinturado en tela índigo en la empresa javitex, empleando materiales reutilizables*”. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Hernández, S. (2019). “*Elaboración de un estampado textil reflectivo a base de microesferas de vidrio*”. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.

- Honeyman, J. (2014). Hiperhidrosis focal primaria: una patología que debemos conocer y tratar. *Revista Chilena de dermatología*, 240.
- Iles, M. (2020). “Desarrollo de un acabado con grasa de origen vacuno en tejido de abacá para aumentar su resistencia al agua de mar.”. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- INECOL. (2021). *Higuerilla Ricinus Communis*. Obtenido de <http://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/planta-del-mes/37-planta-del-mes/1468-higuerilla#:~:text=Ricinus%20communis&text=La%20higuerilla%20tambi%C3%A9n%20llamado%20%E2%80%9Cricino,descrita%20por%20Linnaeus%20en%201753>.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2014). *Procedimientos de lavado y de secado domésticos para los ensayos de textiles (ISO 6330:2012, IDT)*. Quito. Obtenido de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_6330extracto.pdf
- Lavado, F. L. (2012). *La industria textil y su control de calidad V. Tintorería*.
- Lavado, L. (2012). *La industria textil y su control de calidad. VI Ennoblecimiento Textil*.
- Linares, M. (2008). *Aplicación de la teoría de Kubelka-Munk en la optimización de la estampación pigmentaria*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- López, E. R. (2018). *Caracterización de compuestos orgánicos volátiles, provenientes de seis estaciones de servicio de combustibles de la ciudad de Barranquilla, Colombia*. Barranquilla: Universidad de la Costa.
- Maigua, S. (2022). “Elaboración de un acabado antimicrobiano mediante el proceso de micro encapsulado aplicando aceite de clavo de olor (*syzygium aromaticum*) en medias tobilleras lisas de 100% algodón”. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Mangua, Y. (2019). “Aplicación de un acabado antibacterial en camisetas deportivas 65/35% poliéster/algodón y determinación de su receta óptima”. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Mannise, R. (2021). *Aceite de ricino: beneficios, usos y toxicidad*. Obtenido de <https://ecocosas.com/plantas-medicinales/aceite-de-ricino/>
- Marín, C. N. (2021). *Actividad antibacteriana in vitro del extracto etanólico de las hojas de ricinus communis L. (higuerilla) frente a escherichia coli*. Lima: Universidad María Auxiliadora.

- Martínez, E. S. (2011). *Algunos consejos útiles para el análisis cromatográfico de compuestos orgánicos volátiles*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Martínez, M. F. (2012). *Caracterización de aceite de higuera (Ricinus communis) de dos variedades biodiesel en la región del Valle de Mezquital, Hidalgo*. Chihuahua: Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S. C.
- MedlinePlus. (2022). *Anaerobio*. Obtenido de <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/002230.htm>
- Mejía, F. (2018). Obtenido de La maquinaria de tintorería (teñido): <https://programadetextilizacion.blogspot.com/2015/02/capitulo-10-la-maquinaria-de-tintoreria.html>
- Morán, C. (2017). *“Elaboración de un acabado antibacteriano aplicando el aceite de eucalipto (eucalyptus globulus) en vendas deportivas de nylon/algodón mediante el proceso de agotamiento”*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Parra, D. (2015). *“Utilización de la fibra natural de cabuya para la elaboración de plantillas antibacterianas con la aplicación de sulfato de cobre”*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Peñañiel, J. (2018). *“Diseño y construcción de un foulard automatizado para desarrollar prácticas de laboratorio”*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Pérez, J. C., & Mancilla, C. L. (2009). Composición elemental de algunas especies de plantas silvestres mexicanas. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*.
- Perèz, M. (28 de Agosto de 2017). *Cuatro aspectos clave que debes saber sobre el sudor*. Obtenido de <https://www.clinicalascondes.cl/BLOG/Listado/Dermatologia/cuatro-aspectos-clave-sobre-el-sudor>
- Pérez M, M. M. (2008). *Morfología y Estructura Bacteriana*.
- Quelal, G. (2022).
- Reyes, J. V. (2004). Biología de las glándulas sudoríparas ecninas. *Asociación Colombiana de Dermatología & Cirugía Dermatológica*, 60.
- Rivera, E. G. (2014). *Estudio Químico, Micrográfico y Morfológico del Ricinus communis L., y su aplicación en Pulpa Blanqueable*. Michoacan: Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo.

- Robledo, D. Á. (2019). *Utilización del aceite ricinus communis (higuerilla) para la obtención de biodiesel, un co-producto y su simulación en el software aspen hysys*. Bucaramanga: Universidad Autónoma de Bucaramanga.
- S&P. (14 de Diciembre de 2014). *Las partes por millón. ¿De qué estamos hablando?* Obtenido de <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/partes-por-millon/>
- Tinoco, Y. M. (2012). *Presión*. Morelia: Facultad de Ingeniería mecánica .
- Triviño, N. R. (2009). *“Producción y Exportación de la Higuerilla (Ricinus Communis L.) a Colombia como Materia Prima para la Elaboración de Biocombustibles”*. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Universidad Complutense de Madrid. (2014). *La piel*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Ureña, J. L. (1995). *Microbiología oral 2.a edición*. Universidad de Granada.
- Visarrea, S. (2018). *"Estudio comparativo del grado de transpirabilidad de la humedad en fibra de algodón y bambú"*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.

ANEXOS

Anexo 1. Descrude y blanqueo químico



Pesaje de auxiliares



Colocación de R/B



Control de temperatura



Colocación de tejido y auxiliares



Botar el baño



Enjuague



Control de temperatura para neutralizado



Neutralizado

Anexo 2. Extracción higerilla



Recolección de la hoja



Lavado de hojas



Pesaje de materiales



Colocación de etanol y hojas



Maceración

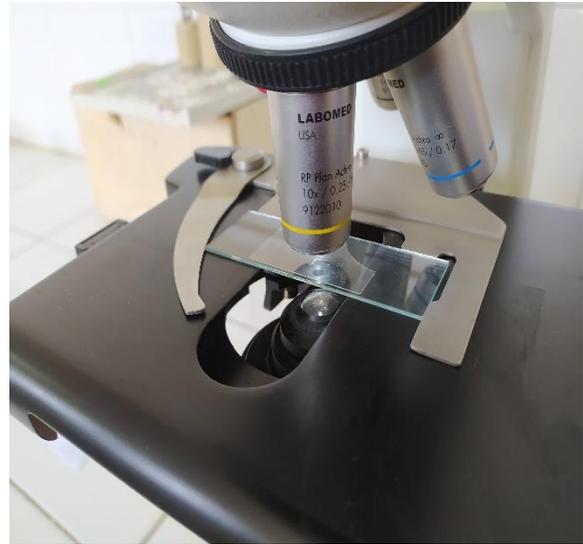


Control de pH

Anexo.3 Análisis composición del tejido



Cálculo de gramaje



Prueba de laboratorio



Prueba de disolución



Diseño del tejido

Anexo 4. Impregnación del tejido



Corte de muestras



Elaboración de solución



Impregnación del tejido



Secado de muestras

Anexo5. Medición de VOC



Medición de VOC



Pesaje de detergente



Prueba de solidez al lavado



Medición de VOC después del lavado

Anexo 6. Ficha técnica ligante



TAMPON

INFORMACION TECNICA

Ligante aniónico multipropósito, obtenido a partir de polímero acrílico. Genera tacto suave, película transparente, brillante, flexible, muy blanda y autoreticulante.

PROPIEDADES

| | |
|------------------------|-------------------------------------|
| Composición: | Polímero acuoso |
| Carácter: | aniónico |
| Apariencia: | Líquido blanco. |
| pH: | n.d. |
| Solubilidad: | Dilúible en agua temperada. |
| Almacenamiento: | Mantener los envases bien cerrados. |

CARACTERISTICAS

- Estabiliza la fijación en la tintura pigmentaria.
- Estampación de pieza, en mesa o maquinas, con buen rendimiento colorístico, tacto suave y elástico.
- Estampación sobre mezclas de poliéster algodón, fibras sintéticas, telas delgadas, algodón, etc.

DOSIFICACION

- 2 a 5 g/L (Dependiendo del % de Pigmento)

PRECAUCIONES

- Evitar su contaminación con otros productos.
- Almacenar en un lugar fresco.

La información contenida en esta ficha técnica es de carácter general y se debe evaluar en cada caso específico, por lo cual no representa un compromiso de nuestra parte.



Anexo 7. Certificado uso de laboratorio



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

LABORATORIO DE PROCESOS TEXTILES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA TEXTIL



Ibarra, 11 de abril 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 **JOSELYN GISSELE QUELAL TULCANAZA**, portadora de la cedula de ciudadanía N° 1004575781, ha realizado ensayos de laboratorio referentes al Proyecto de Tesis de grado titulado “**ANÁLISIS DE LA HIGUERILLA (RICINUS COMMUNIS) COMO ACABADO ANTIBACTERIAL EN TEJIDO PLANO 100% ALGODÓN POR EL MÉTODO DE IMPREGNACIÓN**” los equipos utilizados en el laboratorio son:

- **TÚNEL DE SECADO**
- **WASCATOR**- Solidez del color al lavado ISO-6330-2012
- **FOULARD**
- **CORTADORA CIRCULAR- ISO 3801**- Determinación de la asa por unidad de longitud y masa por unidad de área en textiles
- **BALANZA ELECTRONICA**
- **MICROSCOPIO**
- **MEDIDOR DE CALIDAD DE AIRE (VOC)**

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