



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:

“APLICACIÓN DE UN ACABADO CON LIGNINA DE BAMBÚ (ANGUSTIFOLIA)
MEDIANTE EL MÉTODO DE AGOTAMIENTO EN TEJIDO JERSEY 100%
POLIÉSTER PARA DETERMINAR SU PROPIEDAD ANTIBACTERIANA.”

AUTORA: BAUTISTA FONTE CYNTHIA GISSELA

DIRECTOR: MSc. WILLAM ESPARZA

IBARRA – ECUADOR

2022



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 el 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 discusión a la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004465769
APELLIDOS Y NOMBRES:	Bautista Fonte Cynthia Gissela
DIRECCIÓN:	Otavaló, Gonzáles Suarez, Pijal Centro
EMAIL:	cgbautistaf@utn.edu.ec
TELÉFONO MÓVIL:	0961003819

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“Aplicación de un acabado con lignina de bambú (angustifolia) mediante el método de agotamiento en tejido jersey 100% poliéster para determinar su propiedad antibacteriana.”
AUTOR(ES):	Bautista Fonte Cynthia Gissela
FECHA:	21 de Abril del 2022
PROGRAMA	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Textil
ASESOR/DIRECTOR:	MSc. Esparza Encalada Willam Ricardo

2. CONSTANCIA

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

Ibarra, a los 21 días del mes de Abril de 2022

EL AUTOR:



Bautista Fonte Cynthia Gissela

C.I.: 100446576-9



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR

En calidad de director de Trabajo de Grado presentado por el egresado **Cynthia Gissela Bautista Fonte**, para optar el título de **INGENIERÍA TEXTIL**, cuyo tema es **“APLICACIÓN DE UN ACABADO CON LIGNINA DE BAMBÚ (ANGUSTIFOLIA) MEDIANTE EL MÉTODO DE AGOTAMIENTO EN TEJIDO JERSEY 100% POLIÉSTER PARA DETERMINAR SU PROPIEDAD ANTIBACTERIANA.”**, 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, 21 de Abril del 2022



WILLIAM RICARDO ESPARZA ESCALADA

MSc. William Esparza

Director del trabajo de grado



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

El presente trabajo es dedicado a toda mi familia, los cuales fueron mi apoyo incondicional durante todo este proceso de formación académico, en especial a mis padres por haberme brindado la oportunidad de tener una excelente educación y apoyarme en el transcurso de mi vida hasta lograr alcanzar una de mis metas.

Cynthia Bautista



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por haberme guiado y acompañado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en todos los momentos y brindarme una vida llena de aprendizaje y gratas experiencias.

Agradezco a mis padres quienes han sido mis pilares fundamentales en este proceso de formación, ya que estuvieron a mi lado brindándome su apoyo incondicional en los buenos y malos momentos.

De igual manera, mi sincero agradecimiento al MSc. Willam Esparza Encalada, por su compromiso y paciencia que tuvo siempre, así como también por guiarme y compartir sus conocimientos profesionales durante el desarrollo de la tesis.

A cada uno de mis docentes, quienes compartieron sus grandes conocimientos profesionales y sus experiencias que me dejaron grandes enseñanzas no solo en el campo profesional, sino también como ser humano que fueron de gran ayuda durante este proceso de formación académica.

Finalmente agradezco a mis amigas con quienes compartimos grandes experiencias en este periodo de formación, por mantenernos unidas y apoyarnos en todo momento.

Cynthia Bautista

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vi
LISTA DE TABLAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
Anexos.....	xi
Resumen	xii
Abstract.....	xii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Descripción del tema.....	1
1.2. Antecedentes	1
1.3. Importancia del estudio.....	3
1.4. Objetivo General.....	3
1.5. Objetivos Específicos.....	4
1.6. Características del sitio del proyecto	4
CAPÍTULO II	6
ESTADO DEL ARTE	6
2.1. Estudios previos	6
2.1.1. Bambú.....	6
2.1.2. Lignina.....	7
2.1.3. Poliéster	10
2.1.4. Textiles antibacterianos	15
2.2. Marco legal	16
2.2.1. Constitución del Ecuador.....	16

2.2.2. Línea de investigación de la Universidad	17
2.3. Marco conceptual.....	18
2.3.1. Propiedades físico – químicas del bambú	18
2.3.2. Propiedades físico – químicas de la lignina	19
2.3.3. Método de agotamiento	19
2.3.4. Bacterias	19
2.3.5. Microorganismos mesófilos aerobios	19
2.3.6. Acabado antibacterial	20
2.3.7. Ácido Fórmico	20
2.3.8. Emulsión de silicona	20
2.3.9. Ligante	20
2.3.10. Ionizante	20
CAPÍTULO III.	21
METODOLOGÍA.....	21
3.1. Métodos.....	21
3.1.1. Método científico	21
3.1.2. Método analítico	21
3.1.3. Método comparativo	21
3.2. Normas a utilizar.....	22
3.2.1. Norma AATCC	22
3.3. Flujograma del proceso General	23
3.4. Flujograma muestral	25
3.5. Materiales y equipos	26
3.5.1. Materiales	26
3.5.2. Equipos	26

3.6.	Curva de proceso.....	26
3.7.	Proceso de acabado.....	27
CAPÍTULO IV.....		28
PRUEBAS DE LABORATORIO.....		28
4.1.	Pruebas de laboratorio.....	28
4.1.1.	Pruebas antibacteriales	39
4.1.2.	Pruebas de solidez al lavado	41
CAPÍTULO V.....		43
RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....		43
5.1.	Resultados	43
5.1.1.	Tabla de pruebas antibacteriales	43
5.1.2.	Tabla de solidez al lavado	44
5.1.3.	Tabla general de resultados	44
5.2.	Análisis de resultados	45
5.2.1.	Análisis de la varianza.....	45
5.2.2.	Normalidad de los datos.....	46
5.2.3.	Análisis de resultados obtenidos.....	47
CAPÍTULO VI.....		51
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		51
6.1.	Conclusiones	51
6.2.	Recomendaciones	52
CAPÍTULO VII.....		53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA Y ANEXOS.....		53
	Referencias bibliográficas.....	53
	Anexos	58

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Porcentaje de lignina en diferentes plantas	8
Tabla 2. Receta optima del acabado antibacterial en camisetas deportivas.	11
Tabla 3. Datos y curva de procesos del acabado antibacterial y repelente.....	13
Tabla 4. Datos y curva de proceso con alumbre de potasio al 100%	14
Tabla 5. Línea de investigación UTN.....	18
Tabla 6. Condiciones de la prueba AATCC 61-2013.....	23
Tabla 7. Aplicación del acabado al 15% de lignina con pH alcalino a 60° C.	29
Tabla 8. Aplicación del acabado al 15% de lignina con pH ácido a 60°C	30
Tabla 9. Aplicación del acabado al 15% de lignina con pH alcalino a 130°C	31
Tabla 10. Aplicación del acabado al 15% de lignina con pH ácido a 130°C.	32
Tabla 11. Aplicación del acabado al 1% de lignina con pH alcalino a 60°C.	33
Tabla 12. Aplicación del acabado al 2% de lignina con pH alcalino a 60°C.	34
Tabla 13. Aplicación del acabado al 3% de lignina con pH alcalino a 60°C.	35
Tabla 14. Aplicación del acabado al 4% de lignina con pH alcalino a 60°C	36
Tabla 15. Aplicación del acabado al 5% de lignina con pH alcalino a 60°C.	37
Tabla 16. Aplicación del acabado al 10% de lignina con pH ácido a 60°C.	38
Tabla 17. Índice visual de absorción de la lignina en la tela.	39
Tabla 18. Resultados de pruebas antibacteriales en muestras con acabado.	43
Tabla 19. Resultados de pruebas antibacteriales en muestras después del lavado 3A.	44
Tabla 20. Resultado general de pruebas antibacteriales.	45
Tabla 21. Análisis de la varianza.	46
Tabla 22. Normalidad de datos.....	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del sitio de la investigación.....	4
Figura 2. Bambú en el Ecuador	6
Figura 3. Flujograma general del proceso.	24
Figura 4. Flujograma muestral del proceso.	25
Figura 5. Curva de acabado	26
Figura 6. Curva de acabado	42
Figura 7. Gráfico General Graph.....	48
Figura 8. Gráfico Box plot.....	49
Figura 9. Gráfico Matrix plot	50

Anexos

Anexo 1. Auxiliares utilizados para el proceso de acabado, lignina, Ácido fórmico y Emulsión de silicona.....	58
Anexo 2. Medidor de pH (GMH 3530).....	58
Anexo 3. Colocar las muestras en los vasos del proceso.	59
Anexo 4. Autoclave para el proceso de acabado.....	59
Anexo 5. Desechar el baño de acabado.....	60
Anexo 6. Almacenar la muestra seca.	60
Anexo 7. Preparar el medio de cultivo.....	61
Anexo 8. Desarrollo del cultivo en las placas Petrifilm.	61
Anexo 9. Análisis y obtención de datos de UFC.....	62
Anexo 10. Pesar productos para la prueba de solidez al lavado.....	63
Anexo 11. Mezclar productos en vaso de precipitación.....	63
Anexo 12. Preparar las muestras en los vasos de la autoclave.....	64
Anexo 13. Colocar los vasos y programar la máquina.....	64
Anexo 14. Retirar los vasos de la autoclave.....	65
Anexo 15. Certificado de laboratorio CTEX.....	66
Anexo 16. Certificado de ensayos antibacteriales.....	67

Resumen

El objetivo de la presente investigación consistió en aplicar un acabado con lignina de bambú (*angustifolia*) mediante el método de agotamiento en tejido jersey 100% poliéster para determinar su propiedad antibacteriana que ayude a inhibir las bacterias de la transpiración que producen mal olor y molestias en su uso; este estudio es enfocado en dar una solución a las molestias originadas por el crecimiento excesivo de bacterias en las prendas de poliéster filamento continuo, mediante la reutilización del residuo obtenido lignina del bambú, implementando productos ecológicos en los acabados mediante procesos experimentales que contribuirán a la industria textil con nuevas alternativas para el desarrollo de textiles antibacteriales.

Para el desarrollo de esta investigación con un tejido jersey 100% poliéster, se realizó la aplicación de la lignina mediante el método de agotamiento con concentraciones al 2%, 4%, 6%, 8% y 10%, con la aplicación de auxiliares: ácido fórmico(1g/l) y emulsión de silicona (50%), dando un total de 10 muestras para su posterior análisis antibacterial y solidez al lavado.

Después de realizar el acabado del sustrato textil, 5 muestras fueron sometidas a la prueba de solidez al lavado, tomando en cuenta la norma AATCC 61-2013 ensayo 3A para posteriormente realizar el análisis de recuento de aerobios mesófilos totales aplicando la norma NTE INEN 1529-5:2006 (adaptado) en las muestras antes del lavado y después del lavado.

Los resultados obtenidos de los análisis fueron tabulados y sometidos al test de normalidad obteniendo una confiabilidad del 95 % ($p > 0,05$), empleando el programa estadístico PAST 4, indicando que todos los valores obtenidos son normales, para el análisis se utiliza el coeficiente de variación de los valores correspondientes al análisis antibacterial y también se obtuvieron gráficos estadísticos que ayudaron a interpretar de mejor manera los resultados obtenidos. Tomando como base el tejido sin acabado con las unidades formadoras de colonias se determinó que antes del lavado al 8% de lignina disminuyó el 80. 78% y 85% después del lavado.

Palabras claves: Lignina de bambú, emulsión de silicona, poliéster, agotamiento, antibacterial.



Abstract

The goal of this study was to apply a bamboo lignin (*angustifolia*) finish to 100 percent polyester jersey fabric using the exhaustion method to determine its antibacterial property, which helps to inhibit perspiration bacteria that cause bad odor and discomfort when used. This research aims to find a solution to the annoyances caused by the excessive growth of bacteria in continuous filament polyester garments by repurposing bamboo lignin residue, incorporating ecological products in the finishes, and developing experimental processes that will provide the textile industry with new antibacterial textile alternatives. For the development of this research with a 100% polyester jersey fabric, the lignin was applied using the exhaustion method with concentrations of 2%, 4%, 6%, 8%, and 10%, with the application of auxiliaries: Formic acid (1g / l) and silicone emulsion (50%), giving a total of 10 samples for subsequent antibacterial analysis and washing fastness. Following the completion of the textile substrate, 5 samples were subjected to a wash fastness test using the AATCC 61-2013 test 3A standard, followed by a total mesophilic aerobic count analysis using the NTE INEN 1529-standard. 5: 2006 (adapted) on samples before and after washing. Using the PAST 4 statistical program, the results of the analyses were tabulated and subjected to the normality test, yielding reliability of 95% ($p > 0.05$), indicating that all of the values obtained were normal coefficients of variation of the values corresponding to the antibacterial analysis, and statistical graphs were also obtained to better interpret the results. Based on the unfinished fabric with the colony-forming units, it was determined that before washing the 8% lignin decreased by 80, 78%, and 85% after washing.

Keywords: Bamboo lignin, silicone emulsion, polyester, depletion, antibacterial.

Reviewed by Víctor Raúl Rodríguez Viteri

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción del tema

La investigación realizada es la aplicación de un acabado con lignina de bambú (*angustifolia*) mediante el método de agotamiento en tejido jersey 100% poliéster para determinar su propiedad antibacteriana, mediante la separación del residuo que se obtiene al apartar la celulosa de bambú de la lignina para su aplicación en tela y comprobar si adquiere un acabado antibacterial que inhiba las bacterias de nuestra transpiración en su uso, todos los procesos fueron desarrollados y analizados mediante equipos normalizados y adaptados de laboratorio. Este tema tiene como objetivo reutilizar el residuo conocido como lignina del bambú, implementando productos ecológicos en los acabados mediante procesos experimentales, utilizando materia prima natural amigable con el ambiente que apoya al sector textil y papelería en los campos social y económico, mediante la creación de fuentes de empleo, en especial en los lugares donde se cultiva el bambú.

1.2. Antecedentes

Históricamente el bambú ha sido manipulado en las diferentes actividades que ejecutaban los pueblos originarios, campesinos y mestizos del Ecuador, mismo que como es característico del mundo campestre se los realizaba a través de trabajos comunitarios, fortaleciendo los lazos sociales de las comunidades y transmitiendo el conocimiento a varias generaciones. Estos conocimientos obtenidos durante años de manejo del bambú, en la actualidad forman parte del patrimonio impalpable del país. El bambú forma parte de la historia de la humanidad por haber sido una de las primeras materias primas para fabricar el manual papel que transformó la educación y la cultura, también contribuye significativamente a la economía del país (bambuecuador, 2017).

Ecuador, en términos de biodiversidad, es el hogar de un importante grupo de géneros de bambú distribuidos en cuatro regiones naturales (Costa, Sierra, Amazonia y Galápagos), en las cuales cuatro regiones naturales del país contienen varias especies de bambú tanto

nativas como exóticas, ocupando espacios desde el nivel del mar hasta cerca de los 3500 msnm, sin embargo, las mayores densidades de bambú se localizan en Guayas, Manabí, Pichincha, Napo, Los Ríos, La península de Santa Elena y Santo Domingo (Añazco & Rojas, 2015).

El bambú tiene varios usos entre los cuales se encuentran: viviendas, materiales de construcción, alimento, papel, pisos, carbón, industrias farmacéuticas, etc. Las razones de sus múltiples aplicaciones corresponden a varias de sus propiedades tales como: la dureza, flexibilidad, absorbente, antibacterial, rápido crecimiento, entre otros. A pesar de que en el Ecuador el bambú es un recurso muy utilizado en diversos accesorios y desarrollo de actividades, existe el desconocimiento de su uso en la industria textil para la elaboración de distintas prendas de vestir con propiedades antibacterianas (BAMBÚ ECUADOR, 2016).

La lignina es la segunda molécula orgánica más abundante en las plantas después de la celulosa, las plantas producen varias toneladas de lignina cada año, sin embargo, la investigación al respecto es bastante limitada. Esta molécula realiza funciones muy importantes con la protección de la celulosa y la hemicelulosa la cual no tiene la estabilidad y rigidez que característica de la lignina, evita la entrada de enzimas que puedan degradar importantes componentes (Gelambi, 2019).

Mediante la información recopilada en varias fuentes confiables, surgió la idea de realizar un acabado textil que consistía en realizar la aplicación de la lignina de bambú (*angustifolia*) mediante el método de agotamiento en tejido jersey 100% poliéster, el cual posteriormente fue sometido a varias pruebas de laboratorio para la obtención de datos que fueron analizados y ayudaron a determinar la propiedad antibacteriana que posee la lignina, este proyecto surgió con la finalidad de dar uso a la lignina que se obtiene como residuo del bambú, con esta iniciativa se pretende realizar acabados textiles mediante el uso de un producto que sea amigable con el ambiente y poder aprovechar su componente purificador.

1.3. Importancia del estudio

Las necesidades y deseos humanos son innumerables y variables, debido a ello con el pasar de los tiempos se han formado varias industrias para satisfacer las diferentes necesidades, entre ellas la industria textil, que es una de las más importantes ya que tiene la finalidad de satisfacer la necesidad vital del hombre como es el vestir que es igual de importante como la alimentación y la vivienda. Desde un punto de vista histórico el alcance de la manufactura de los textiles ha sido enorme, debido a que ha sido la base del desarrollo económico de casi todos los países del mundo (Importancia de La Industria Textil, 2017).

Esta industria al ser una de las más grandes e importantes para la sociedad, también es una de las más contaminantes, debido que comprenden varios procesos químicos, en especial para la elaboración de los diversos acabados textiles. Considerando los aspectos negativos de desarrollar diferentes acabados, esta investigación intenta minimizar aquellos aspectos que generan un impacto en el ambiente, obteniendo un residuo de la celulosa de bambú llamada lignina para su uso como acabado antibacterial, se considera un proyecto sustentable y amigable con el ambiente, debido a que el bambú es un importante recurso forestal que tiene un corto ciclo de crecimiento y no requiere de muchos cuidados (Yacelga, 2018).

Esta investigación está encaminada a demostrar que el uso del bambú tiene varios beneficios tales como la implementación de puestos de empleo, no solo en sectores agrícolas que se dedican al cuidado y cultivo del bambú, sino también en distintos procesos que intervienen en obtención de la lignina que será utilizada para la implementación de un nuevo acabado antibacterial, el cual se basará en estudios previamente realizados sobre las aplicaciones de la lignina.

1.4. Objetivo General

Aplicar un acabado con lignina de bambú (*angustifolia*) mediante el método de agotamiento en tejido jersey 100% poliéster para determinar su propiedad antibacteriana.

1.5. Objetivos Específicos

- Recopilar y analizar la información obtenida, mediante fuentes bibliográficas, digitales y físicas, para determinar la propiedad antibacteriana de la lignina del bambú.
- Aplicar la lignina a diferentes concentraciones, en muestras de tejido jersey 100% poliéster por el método de agotamiento.
- Realizar pruebas a nivel de laboratorio encaminados a determinar la propiedad antibacteriana de la lignina de bambú mediante el análisis e interpretación de los resultados obtenidos.

1.6. Características del sitio del proyecto

El presente proyecto de investigación se desarrolló en la provincia de Imbabura cantón Ibarra, en los laboratorios de la Universidad Técnica del Norte ubicados en el sector de Azaya en las calles Luciano Solano y Morona Santiago.



Figura 1. Ubicación geográfica del sitio de la investigación

Fuente: Google maps

El laboratorio de la Carrera de Textiles cuenta con maquinaria y equipos de última tecnología los cuales son de gran importancia para el aprendizaje práctico de los estudiantes de la carrera preparándolos para sus futuras experiencias en el campo laboral, además ofrece sus servicios a empresas públicas, privadas y a todo el público en general, en cuanto a lo concerniente a las pruebas físicas y químicas de los textiles y los análisis antibacteriales se los realizará en un laboratorio de la FICAYA o externo, cada prueba es realizada de acuerdo a las normas que garantizan la calidad de los textiles.

CAPÍTULO II.

ESTADO DEL ARTE

2.1. Estudios previos

2.1.1. Bambú

El bambú forma parte de la historia de la humanidad por haber sido una de las primeras materias primas utilizadas en la producción de papel; culturalmente es parte del patrimonio material e inmaterial del conocimiento ancestral del Ecuador; Ha contribuido significativamente a la economía rural y genera divisas para procesos industriales y comerciales a partir de importante cantidad de productos y subproductos que se exportan. Diferentes culturas de todo el mundo han utilizado el bambú en su vida diaria durante siglos (BAMBÚ ECUADOR, 2016).

Según (Kumar, 1997) menciona que, “El bambú es una gramínea leñosa del tamaño de un árbol, con 1250 especies clasificadas en 75 géneros. Actualmente, se encuentran las regiones tropicales, subtropicales y templadas de todas las regiones, excepto Europa y el Asia occidental” (párr. 8).

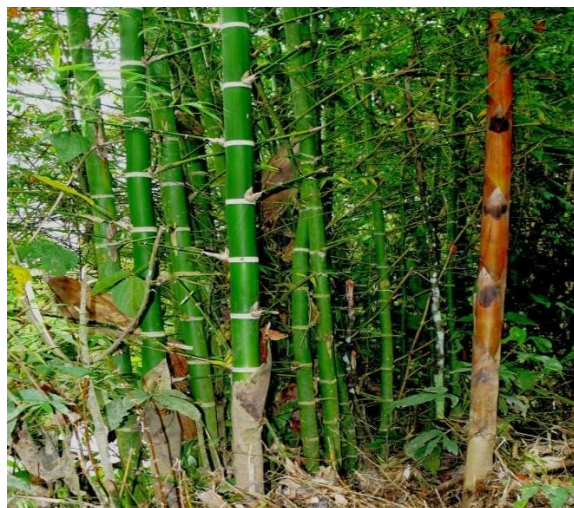


Figura 2. Bambú en el Ecuador

Fuente: (BAMBÚ ECUADOR, 2016)

“El bambú es un recurso forestal importante debido a su corto ciclo de crecimiento, alta reciclabilidad y es un material natural que protege al medio ambiente” (Quintana, Hidalgo, & Muñoz, 2011, pág. 11).

De la misma forma (Kumar, 1997 citado por Yacelga 2018) indica que:

El bambú es probablemente la planta de más rápido crecimiento del planeta. Crece alrededor de 75 a 400 mm por día, crece tres veces más rápido que la mayoría de las especies de eucalipto y se pueden obtener cuatro cosechas por árbol de eucalipto, también ocupa un lugar muy importante en la producción de biomasa y alcanza una producción de hasta 40 toneladas por hectárea al año. Desde un punto de vista económico, el tallo de bambú es la parte más importante de la planta, este alcanza a medir más de 40m en algunas especies durante un periodo de tres o cuatro meses, el bambú es muy adaptable al medio, ya que es tolerante a una amplia gama de suelos, desde los suelos pobres en materia orgánica hasta suelos ricos en minerales y de suelo húmedos, desde las sequias hasta las inundaciones, estas características lo convierten en una gran ventaja para la recuperación y restauración de tierras degradadas (párr. 7).

(Deshpande, Bhaskar & Lakshmana, 1999 citado por Yacelga, 2018) en su artículo científico menciona que, “La disponibilidad actual de fibra de bambú es limitada porque muy pocas personas se han dedicado por completo a la extracción de la fibra de bambú, ha habido poca investigación sobre las propiedades de estas fibras y sus usos” (pág. 10).

2.1.2. Lignina

(Chávez & Domine (2013) afirma que: “La lignina está presente en todas las plantas vasculares, como varios componentes de la biomasa, se forma por medio de la fotosíntesis, se considerada como un recurso renovable con potencial uso industrial” (pág. 16).

Tabla 1.

Porcentaje de lignina en diferentes plantas

Planta		Contenido de lignina (%)
Nombre Científico	Nombre común	
Picea ables	Pino Noruego	28-39
Tsuga canadensis	Pino Oriental	31
Panicum virgatum	Pasto varilla	33
Pseudotsuga menziesii	Pino de Douglas	29
Pinus sylvestris	Pino de Escocia	28
Pinus radiata	Pino de Monterey	27
Prunus amygdalus	Almendro	26
Eucalyptus grandis	Eucalipto rosa	25
Eucalyptus globulus	Eucalipto rosa	22
Acacia mollissima	Acacia negra	21
Betula verrucosa	Abedul	20
Populus tremula	Álamo europeo	19
Olea europaea	Olivo	19
Gossypium hirsutum	Algodón	16
Saccharum species	Bagazo de caña	14
Oryza species	Paja de arroz	6,1

Fuente: adaptado de (Chávez & Domine, 2013)

Cruz, Dopico, Figueredo, Rodríguez, & Martínez (2006) mencionan que, “La primera aplicación médica de la lignina fue el uso de la lignina hidrolítica en la fabricación de fármacos para el tratamiento de trastornos agudos del estómago e intestinos basado en función su excelente capacidad de adsorción” (párr. 4). En un proceso similar, luego se usó para desarrollar una preparación médica de lignina llamada Polifepan, utilizado para el tratamiento de trastornos digestivos.

“Una propiedad importante de la lignina es su potencial antibiótico, que ha sido objeto de investigación por parte varios investigadores. El uso de la lignina en el tratamiento de diversas patologías es una tendencia global que se ha consolidado durante última década” (Cruz, Dopico, Figueredo, Rodríguez, & Martínez, 2006, pág. 10). En Cuba, se desarrolló un derivado de la lignina de bagazo de LIGMED-A aprobado para el tratamiento de la diarrea en cerdos y otras especies animales. Actualmente se están completando estudios para incluirlo en el tratamiento del síndrome diarreico en humanos.

2.1.2.1. Métodos de extracción del a lignina

Según Chávez & Domine (2013) afirma que, “La lignina, se puede aislar de materiales lignocelulósico mediante métodos que involucran procesos mecánicos o químicos. Estos métodos se pueden agrupar en dos variables principales” (pág. 20). El primer grupo incluye métodos que liberan celulosa y hemicelulosa por solubilización, dejando la lignina como un residuo insoluble, mientras que el segundo grupo incluye métodos que implican disolver la lignina, dejando como residuo insoluble la celulosa y hemicelulosa, continuado con de la adquisición de lignina a partir de la fase líquida.

Greenpeace (2016) en su publicación menciona que, “Los métodos para la obtención de la lignina son los mismos que se aplican para la obtención de pulpa de celulosa, ya que es necesario separar las fibras de celulosa fuertemente ligadas por la lignina para producir la pulpa” (pág.4). Existen dos procesos principales: el método alcalino y el método del sulfito, los cuales emplean compuestos químicos que se combinan con la lignina, lo que hace que se vuelva soluble y, por lo tanto, elimine la sustancia adhesiva que mantiene unidas las fibras.

Método alcalino: los procesos principales son el de sulfato o Kraft y de sosa cáustica. En ambos procesos, las astillas de madera son puestas a cocción en hidróxido de sodio, en el primer caso con sulfuro de sodio y en el segundo con sosa cáustica. (Greenpeace, 2006, pág. 4)

En la revista (LIGNUM, 2014 citado por Yacelga, 2018) se describe al proceso Kraft y se menciona lo siguiente:

El método Kraft consiste en introducir la madera en un digestore a muy altas temperaturas, mediante el uso de una mezcla de hidróxido de sodio, carbonato, sulfato y sulfuro de sodio se disuelve la lignina y produce mercaptanos, sustancias orgánicas de azufre con un olor desagradable. Luego, las fibras se separan del líquido que contiene sales orgánicas de sodio y forman un licor negro, que se envía a la caldera de recuperación donde, dependiendo de la alta temperatura, sus compuestos orgánicos son convertidos en carbonato y sulfatos se reduce por el calor a sulfuros. Este

proceso permite una mejor recuperación de los residuos y una baja contaminación ambiental (pág.17).

Textos Científicos (2006) menciona varias características del proceso de Kraft que lo han convertido en el más utilizado, podríamos citarlas, en resumen:

- Capacidad de cualquier especie de madera, por lo que se obtiene una gran flexibilidad al suministro de madera.
- Buena tolerancia en las astillas de grandes cantidades de corteza.
- Tiempo de cocción rápido, acrecentando el proceso.
- Menores problemas de deposiciones sólidas.
- Excelente resistencia de la pulpa, gracias a la alta concentración de lignina.
- Buen conocimiento y eficiencia del proceso de recuperación de líquidos residuales.
- Obtención de productos secundarios.

Método del sulfito: Greenpeace (2005) menciona que: “Este proceso produce una pasta clara, débil y suave, al igual que el proceso Kraft, permite el reciclaje de los químicos empleados, pero la eficiencia de recuperación del ácido sulfúrico es menor que el de la soda cáustica” (pág. 4).

2.1.3. Poliéster

En el año 2009 se realizó un estudio acerca de Reciclaje de botellas de PET para obtener fibra de poliéster.

Todo proceso de hilatura de fibra artificial se basa en tres etapas generales. Primero, la preparación de una solución viscosa (tipo jarabe). Segundo, la extrusión de esta solución a través de una tobera para formar la fibra. Finalmente, la solidificación de la fibra por coagulación, evaporación o enfriamiento. El PET se constituye en solución al fundirlo. Esta solución se conoce como solución de hilatura o pasta hilable. La solución se filtra antes de ser extruida (Masilla & Ruiz, 2009, pág. 133).

El proceso de fabricación de poliéster se inicia con las del monómero y termina con la recolección de la materia prima en forma de fibras o de hilo compuesto por multifilamentos paralelo, torcido o texturizado.

Actualmente en la industria textil existen varios tipos de acabados en materia prima de poliéster y sus mezclas, el cual tiene como objetivo principal cambiar su apariencia, tacto, generando un valor agregado.

(Maigua, 2019) en su artículo “Aplicación de un acabado antibacterial en camisetas deportivas 65/35% poliéster/algodón y determinación de su receta optima” menciona que:

Mediante las pruebas ejecutadas se establece que la receta óptima de este acabado fue la receta que se muestra en la tabla 2, siendo la de mayor concentración la más recomendada por el fabricante (pág. 5).

Tabla 2.

Receta optima del acabado antibacterial en camisetas deportivas.

HOJA PATRÓN			
DATOS IFORMATIVOS			
Material: Jersey Pes/Co 65/35 (tubular)			
Peso: 192.6 g/m ²			
Método: impregnación (pick up 70%)			
Equipo: Abierto			
Temperatura: Ambiente			
Dosificación antibacterial: 25 g/l			
pH: 7			
Dureza: 0			
Volumen total: 200 l			
PRODUCTO	RECETA g/l	PRODUTO TOTAL (g)	PRODUCTO TOTAL (Kg)
Antibacterial Tex	25	5000	5
Novakomplex	2	200	0,2

Fuente: adaptado de (Maigua, 2019)

Luego del proceso de impregnación, el tejido es sometido a la etapa de secado a una temperatura de 140 °C a 160°C, y calandrado a temperaturas de 180 a 240 °C. Atraves de las pruebas realizadas, se puede concluir que el acabado antibacterial no causo daño, tampoco presentó cambios en los resultados obtenidos de las pruebas de solidez efectuadas (lavado-luz-sudor) en las 3 dosificaciones. La durabilidad del acabado en base a la mejor receta aplicada es de 25 aprox. lavados manuales o comerciales en medio moderado.

Luego de realizada la prueba de solidez al lavado, se reflejaron los siguientes resultados, en el 4to y 5to lavado, la actividad antimicrobiana redujo significativamente su efectividad, la primera prueba de (10g/l), es la que menos dura con el acabado antibacterial perdiendo más su efectividad, la segunda prueba de 15 g/l continuo funcionando su actividad, y la tercera prueba de 25g/l, refleja los datos más satisfactorios debido a que el antibacterial continúa con su efectividad. (Maigua, 2019)

Al finalizar su proyecto de titulación, Maigua (2019) concluyó que la durabilidad del acabado en base a la mejor receta aplicada fue de 25 lavados manuales o comerciales en medio moderado ya que son prendas que no necesitan de extrema fricción o fuerza, al no ser ropa de trabajo; manteniendo su evaluación con calidad aceptable de inhibición o reproducibilidad bacteriana, cumpliendo así con la norma establecida (pág, 114).

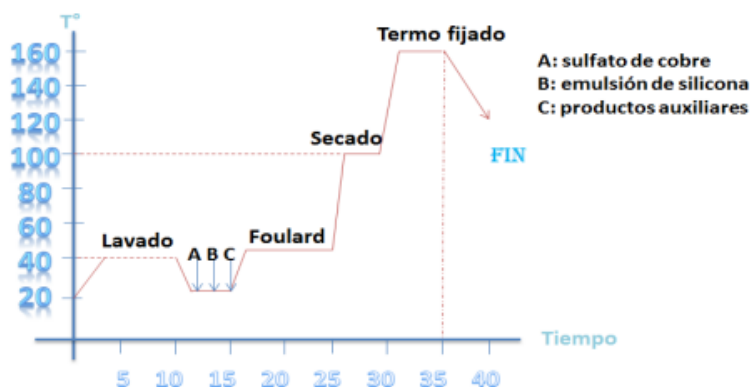
(Alba, 2016) en su trabajo de titulación “Aplicación de un acabado antibacteriano e impermeabilizante en la ropa de trabajo para los agricultores de San Gabriel utilizando sulfato de cobre y microemulsión de silicona” menciona:

Luego de desarrollar diversas pruebas, concluyó que se obtuvo los mejores resultados con aquellas con concentración de 4 g/l de sulfato de cobre, 35g/l de micro emulsión de silicona y ciertos productos auxiliares que ayudaron a la reacción y encapsulamiento del producto antibacterial y repelente sobre el tejido (pág.132).

Tabla 3.

Datos y curva de procesos del acabado antibacterial y repelente.

HOJA PATRÓN						
Datos informativos						
Material: Pes/Co 65/35 %						
Método: Impregnación						
R/B: 1:30						
Temperatura: 40 °C						
pH: 4.5						
PROCEDIMIENTOS:						
Peso de material:		Volumen	% /g			
20		600	100			
			1000			
PRODUCTO	g/l	%	g	kg	Costo/kg	subtotal
Detergente		1	0.2	0.0002	1.34	0.000268
Sulfato de cobre	4		2.4	0.0024	1.34	0.003216
Emulsión silicona	35		21	0.021	6.03	0.12663
Bicarbonato	2		1.2	0.0012	4	0.0048
Micro emulsión	5		3	0.003	8.5	0.0255
ácido	0.1		0.06	0.00006	2	0.00012
					TOTAL	0.160534



Fuente: Adaptado de (Alba, 2016)

Después de haber realizado la prueba de solidez al lavado, (Alba, 2016) concluyó que: “A medida que se realiza un lavado, las propiedades tanto antibacterial como repelente


se van perdiendo y al décimo lavado casi ya se desvanecieron sus propiedades, concluyendo que es un acabado semi permanente” (pág.118).

(Tituaña, 2018) en su trabajo de titulación “Aplicación de un acabado textil con alumbre de potasio, en un tejido de punto algodón/poliéster, mediante el proceso de agotamiento para otorgarle propiedades antibacterianas” afirma que:

Se comprobó que el efecto antibacterial del tejido aplicando el mejor porcentaje de alumbre de potasio, es decir del 100%; brinda resultados positivo tanto si se realiza una actividad física intensa durante 45 minutos, como si se realiza actividades diarias durante 8 horas, en personas de sexo femenino y masculino (pág.84).

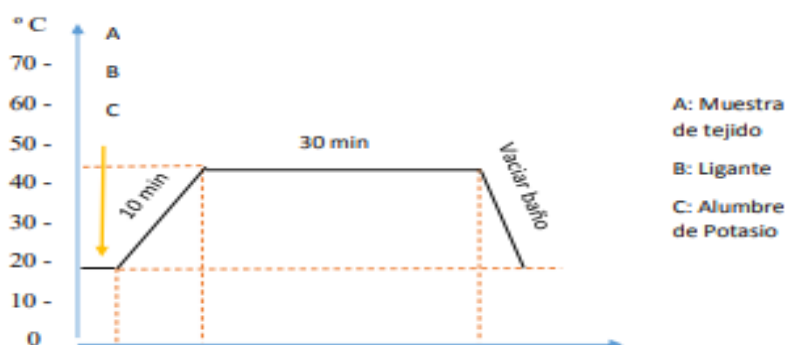
Tabla 4.

Datos y curva de proceso con alumbre de potasio al 100%

Datos informativos		
Composición material	Co/Pes 65/35	
Peso (g)	5.05	
R/B	1.30	
pH	4.5	
Temperatura	45	
Equipo	Autoclave	

PRODUCTOS	(ml)	(g)
Agua	151.5	
Ligante (3%)		0.15
Alumbre de potasio (100%)		5.05

Curva de proceso



Fuente: Adaptado de (Tituaña, 2018)

Tituaña (2018) menciona que las pruebas de lavado se realizaron según el método AATCC 61- Adaptado (Lavado a mano) en las condiciones establecidas por el método mencionado anteriormente, de la siguiente manera: frecuencia de 4, 8 y 12 lavados; temperatura de agua 40 ± 3 °C con detergente líquido dependiendo del número de lavados en las siguientes cantidades 6 ml (4 lavados), 12 ml (8 lavados) y 18 ml (12 lavados). Este método, complementado con eventuales pruebas antibacterianas en el laboratorio se pudo evaluar la resistencia y eficacia del acabado en el tejido (pág. 84).

2.1.4. Textiles antibacterianos

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

“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” (Muñoz, 2019, pág. 1). Debido a varios factores los textiles se convierten en un ambiente propio para el crecimiento de bacterias que producen en el textil problemas de decoloración, pérdida de elasticidad, provocación de malos olores y sensaciones desagradables, también existen cepas microbianas que pueden comprometer la salud de los usuarios.

Según (Subramanian, 2016); citado por (Muñoz, 2019) menciona que “La preocupación de los consumidores por la higiene y protección personal ha motivado el desarrollo de los nuevos textiles con funciones antibacterianas y antifúngicas” (pág. 2). Debido a eso los textiles antimicrobianos son considerados como uno de los campos más importantes del sector textil, involucrando actividades que conlleven al descubrimiento y aplicación de los nuevos agentes antibacterianos.

(Yip &Luk, 2016) citado por Muñoz (2019) menciona que:

Antes de aplicar un agente antibacteriano es necesario evaluar si satisface un número de requerimientos delimitados en función de proveer un óptimo desempeño al ser aplicado en el textil, a continuación, se presentan algunos.

- Ser efectivos para un amplio rango de microorganismos.
- Baja toxicidad, no debe generar reacciones alérgicas o irritación en el cuerpo.
- Cumplir con los estándares de las pruebas de compatibilidad como: citotoxicidad, irritación, sensibilidad.
- No debe interferir o matar la flora residente de bacterias y hongos no patogénicos de la piel.
- Duradero durante los procesos de postratamiento de textiles: lavados, secados, limpieza y prensado en caliente.
- Compatibilidad con otros procesos químicos o acabados.
- Económicamente variable y amigable con el ambiente (pág. 24).

2.2. Marco legal

2.2.1. Constitución del Ecuador

(CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2020), en sus diferentes artículos menciona:

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 prevención del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales.

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto- la soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio

Art. 32.- La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir.

El estado garantizará el derecho mediante políticas económicas, sociales, culturales, educativas y ambientales; y el acceso permanente, oportuno y sin exclusión a programas, acciones y servicios de promoción y atención integral de salud, salud sexual y salud reproductiva. La prestación de los servicios de salud se regirá por los principios de equidad, universalidad, solidaridad, interculturalidad, calidad, eficiencia, eficacia, precaución y bioética, con enfoque de género y generación (pág. 14 -19).

2.2.2. Línea de investigación de la Universidad

De acuerdo con las líneas de investigación planteadas para la UTN en la Resolución N° 122-SO-HCU-UTN, 05-08-2016 tenemos las referencias en la tabla 5.

Tabla 5.

Línea de investigación UTN

N°	LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN DE LA UTN
1	Producción industrial y tecnológica sostenible.
2	Desarrollo agropecuario y forestal sostenible.
3	Biotecnología, energía y recursos naturales renovables.
4	Soberanía, seguridad e inocuidad alimentaria sostenible.
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 socio económico.
10	Desarrollo, aplicación de software y Cyber security (seguridad cibernética).

Fuente: (Universidad Técnica del Norte, 2016)

Según (Universidad Técnica del Norte, 2017) “La Carrera de Ingeniería Textil apuntará al trabajo en las líneas 1 y 9, dirigidas a:

- La producción industrial y tecnológica sostenible.
- Gestión, producción, productividad, innovación y desarrollo socio económico.” (pág. 2).

La presente investigación se basa en la línea de investigación N°9, proporcionando una investigación para la aplicación de un acabado con lignina de bambú (*angustifolia*) mediante el método de agotamiento en tejido jersey 100% poliéster para determinar su propiedad antibacteriana.

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Propiedades físico – químicas del bambú

Según Faouzi (2017) indica que “El bambú es una gramínea de la familia Poaceae, que se parece un pasto gigante. Pertenece a la subfamilia de los Bambusoideae que tiene alrededor de 1400 especies en todo el mundo” (pág. 2).

2.3.2. Propiedades físico – químicas de la lignina

Según Chávez & Domine (2013), define a la lignina como “Biopolímero más abundante en las plantas y junto con la celulosa y hemicelulosa conforma la pared celular de las mismas en una disposición regulada a nivel nano-estructural, que resulta en una red de lignina-hidratos de carbono” (pág. 16).

2.3.3. Método de agotamiento

“El método de teñido donde el colorante se encuentra disuelto en un baño de tintura, se traslada gradualmente a la fibra, en función de las características del colorante y el material a teñir” (Castillo C. , 2019, pág. 9). El baño de tintura actúa como medio de transporte de las moléculas de colorantes disueltos en el mismo, siendo estas absorbidas por el material textil al pasar a través del baño.

2.3.4. Bacterias

Según National Human Genome (2021) define las bacterias como:

Organismos unicelulares que se encuentran en varios lugares de la tierra. Son tan importantes para la ecología del planeta, algunas especies pueden vivir en condiciones realmente extremas de temperatura y presión. El cuerpo humano está lleno de bacterias, se dice que contiene más bacterias que células humanas. La mayoría de las bacterias que se encuentran en el cuerpo no son dañinas, sin embargo, algunas pueden causar enfermedades (párr. 1).

2.3.5. Microorganismos mesófilos aerobios

Según ICMSF (2000); citado por (Ramírez Cruz, 2017) indica que: “Bacterias, mohos y levaduras capaces de crecer a 30°C o en un rango de temperatura más amplia inferior y mayor a los 30°C. El recuento de este tipo de microorganismos nos permite conocer el grado de contaminación de una muestra” (pág. 20).

2.3.6. Acabado antibacterial

Es un proceso en el cual Lavado (2012) indica que “Los principios activos que limitan el crecimiento de poblaciones microbianas se denominan antimicrobianos. Puede distinguir entre aquellos que tienen un efecto bacteriostático, es decir los que inhiben el crecimiento, y los que tienen un efecto bactericida” (pág. 35).

2.3.7. Ácido Fórmico

Según Ácidos (2019) menciona “El ácido fórmico es un compuesto químico orgánico utilizado en la industria textil como un agente regulador de pH, tres veces más efectivo que el ácido acético” (párr.5).

2.3.8. Emulsión de silicona

Según Droquimar (2016) define la emulsión de silicona como “Un sistema compuesto por dos fases inmiscibles (agua y aceite) con el propósito de reemplazar solventes orgánicos, para el tratamiento de superficies y en otras aplicaciones” (párr. 2).

2.3.9. Ligante

Según (Uson.mx, 2012 citado por Bayetero, 2017) afirma “un ligante se define como un átomo, que normalmente cede uno o más de sus electrones a través de un enlace covalente coordinado y comparte sus electrones a través de enlaces covalentes con uno o más átomos centrales” (pág. 42).

2.3.10. Ionizante

Según Hidalgo & Guaman (2017) define al ionizante como “Intercambiador iónico que tiene la capacidad de remover los iones (Cationes o aniones) llamados contra-iones presentes en una fase líquida, mediante la sustitución del mismo con otro ion con el mismo tipo de carga.” (pág.36).

CAPÍTULO III.

METODOLOGÍA

3.1. Métodos

3.1.1. Método científico

Según Cabezas , Andrade, & Torres (2018) definen el método científico como “El conjunto de pasos, técnicas y procedimientos que se utilizan para formular y resolver problemas de investigación mediante la experimentación o la prueba de hipótesis” (pág. 16).

Este método se empleó para realizar los pasos, técnicas y procedimientos necesarios para poder resolver la hipótesis sobre la propiedad antibacterial que posee la lignina aplicada en un tejido jersey 100% poliéster.

3.1.2. Método analítico

TecTijuanaFI (2020) Define el método analítico como “Un método de investigación que radica en la separación de un todo, descomponiéndolo en sus partes para observar la causa, la naturaleza y sus efectos” (párr. 10)

Este método se empleó para realizar los análisis de los resultados obtenidos, en el proceso del acabado textil para determinar cuál es el óptimo y decidir el proceso más adecuado.

3.1.3. Método comparativo

Según Castillo I. (2018) el método comparativo “Es una forma sistemática de contratación de uno o más fenómenos, a través del cual se busca establecer similitudes y diferencias entre ellos” (párr.1).

Con este método se comparó y se analizó las diferencias de las muestras aplicadas a varias concentraciones para poder determinar el contraste entre un tejido sin acabado y un tejido con acabado aplicado lignina y establecer cuál de ellas proporciona un mejor resultado.

3.2. Normas a utilizar

3.2.1. Norma AATCC

Esta Norma Internacional establece un método para cuantificar la carga microbiana aeróbica mesófilos total en sustratos textiles, que se basa en la presencia de microorganismos aerobios mesófilos presentes en la muestra, cuando se contamina en un medio nutritivo sólido se reproducirá formando colonias individuales. Para realizar las pruebas bacteriológicas se hace disoluciones de la suspensión inicial de la muestra y se inocula el medio nutritivo. El inóculo se incuba a 30°C por 72 horas y luego se cuenta el número de colonias formadas. El recuento permite calcular el número de microorganismos por gramo o por centímetro cúbico de la muestra. ([INEN, 2006, pág. 4](#))

Este análisis fue realizado aplicando la norma y el método de ensayo NTE INEN 1529-5:2006 (adaptado) en los laboratorios de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos perteneciente a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales (FICAYA) de la Universidad Técnica del Norte.

Según AATCC (2015) El método de ensayo AATCC61- 2013 (adaptado), tiene como objetivo evaluar la solidez del colorante al lavado de textiles que se espera puedan soportar el lavado frecuente. La pérdida de color de la tela y los cambios en la superficie que resultan de la solución de detergente y la acción de cinco lavados caseros o domésticos sin cloro, aproximadamente en una tiempo de 45 minutos (pág. 108).

El método AATCC61- 2013 (adaptado) presenta varias opciones de ensayos, de los cuales se seleccionó el ensayo N° 3A, este ensayo sirve para evaluar la resistencia al lavado de textiles considerados lavables bajo condiciones vigorosas, las cuales se indican en la tabla 6.

Tabla 6.

Condiciones de la prueba [AATCC 61-2013](#)

Condiciones de la prueba								
Prueba	Temperatura	Volumen total de agua desfilada (ml)	% de detergente en polvo del volumen total	% de detergente liquido del volumen total	% de cloro del volumen total	N° bolas de acero	N° de bolas de goma	Tiempo (min)
1A	40	200	0.37	0.56	Ninguno	10	0	45
1B	31	150	0.37	0.56	Ninguno	0	10	20
2A	49	150	0.15	0.23	Ninguno	50	0	45
3A	71	50	0.15	0.23	ninguno	100	0	45
4A	71	50	0.15	0.23	0.015	100	0	45
5S	49	150	0.15	0.23	0.027	50	0	45

Fuente: Adaptado de (AATCC , 2015)

3.3. Flujograma del proceso General

A continuación, en la figura 3, se detalla un flujo de procesos que da a conocer de una manera más clara, como se desarrolló las operaciones de la parte práctica para llevar a cabo la aplicación de un acabado con lignina, mediante el método de agotamiento en tejido jersey 100% poliéster filamento continuo para determinar su propiedad antibacteriana, desde la obtención de la materia prima, hasta los diferentes análisis antibacteriales y pruebas de solidez al lavado, posteriormente a los resultados obtenidos se realizó las respectivas interpretaciones y discusión de resultados.

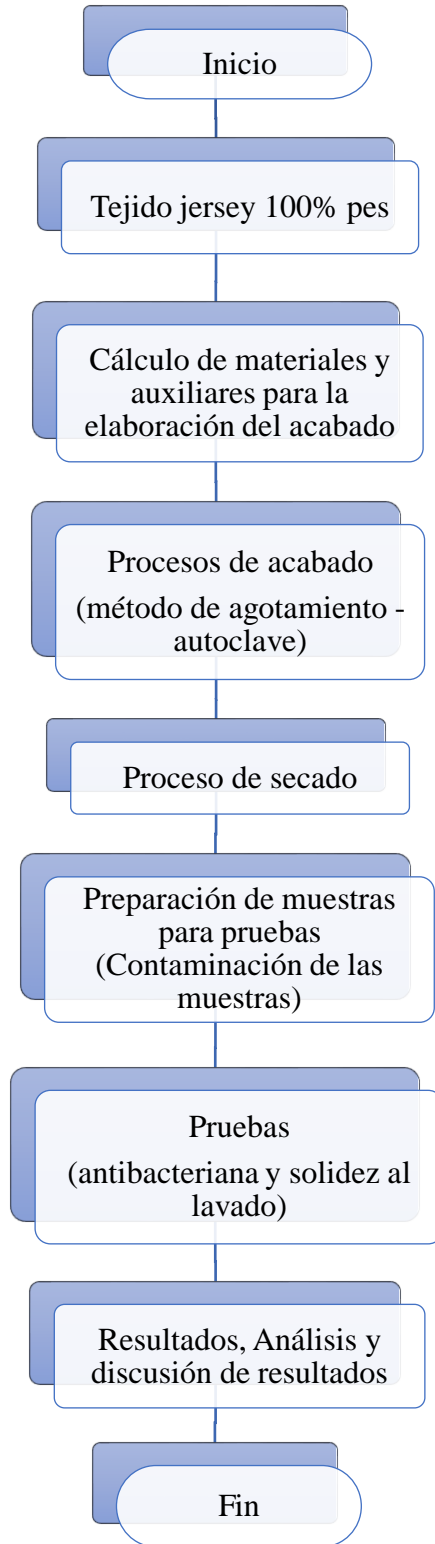


Figura 3. Flujograma general del proceso.

Fuente: (Bautista, 2021)

3.4. Flujoograma muestral

En la figura 4, se presenta el flujoograma muestral, en el cual se da a conocer el total de las muestras utilizadas, las concentraciones de lignina aplicadas, al igual que las pruebas a las que serán sometidas cada muestra de tejido.



Figura 4. Flujoograma muestral del proceso.

Fuente: (Bautista, 2021)

3.5. Materiales y equipos

Para el proceso de la parte práctica de esta investigación se emplearon varios materiales y equipos de laboratorio los cuales se mencionan a continuación.

3.5.1. Materiales

- a) Probeta
- b) vidrio reloj
- c) agitador
- d) cuchara
- e) tijera

3.5.2. Equipos

- a) Balanza analítica
- b) Autoclave

3.6. Curva de proceso

Para el desarrollo de la parte práctica se aplicó la curva de acabado indicada en la figura 5, donde se observan los parámetros de temperatura, tiempo y concentración, parámetros importantes que siempre deben ser tomados en cuenta.

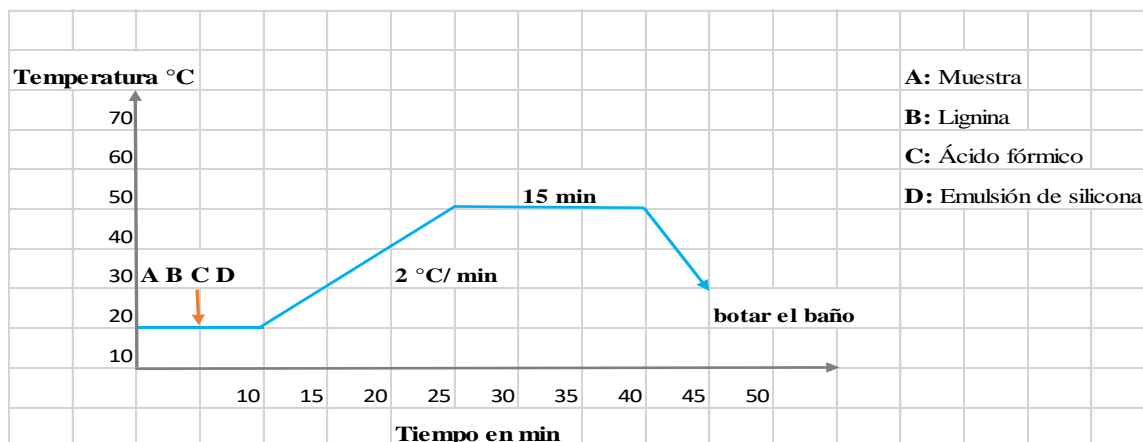


Figura 5. Curva de acabado

Fuente: (Bautista, 2021)

3.7. Proceso de acabado

Mediante el desarrollo de varias pruebas realizadas en el laboratorio y el respectivo análisis de cada una de ellas, se logró definir los auxiliares y el proceso adecuado, el cual se detalla a continuación:

1. Preparar 15 muestras de tela jersey 100% Pes de 10 g cada una. [Anexo 1A](#)
2. Calcular los productos y auxiliares tomando en cuenta el peso de la muestra. [Anexo 1B,1C y 1D](#)
3. A temperatura ambiente, agregar el volumen del baño, los auxiliares, los porcentajes de 2, 4, 6, 8, 10 % de lignina y medir el pH. [Anexo 2](#)
4. Colocar las muestras de tela en los vasos de muestra de la máquina de laboratorio autoclave. [Anexo 3](#)
5. Ubicar los vasos en la máquina autoclave y subir la temperatura con una gradiente de 2 °C/min a 60 °C y mantener durante 15 minutos. [Anexo 4](#)
6. Sacar muestra y botar el baño. [Anexo 5](#)
 1. Secar la muestra en el horno a 90 °C durante 10 min.
7. Guardar las muestras en fundas selladas con su respectivo nombre de identificación. [Anexo 6](#)

CAPÍTULO IV.

PRUEBAS DE LABORATORIO

4.1. Pruebas de laboratorio

La lignina se aplicó en diferentes porcentajes para realizar los ensayos y poder determinar cuál de ellos será aplicado en el desarrollo del acabado.


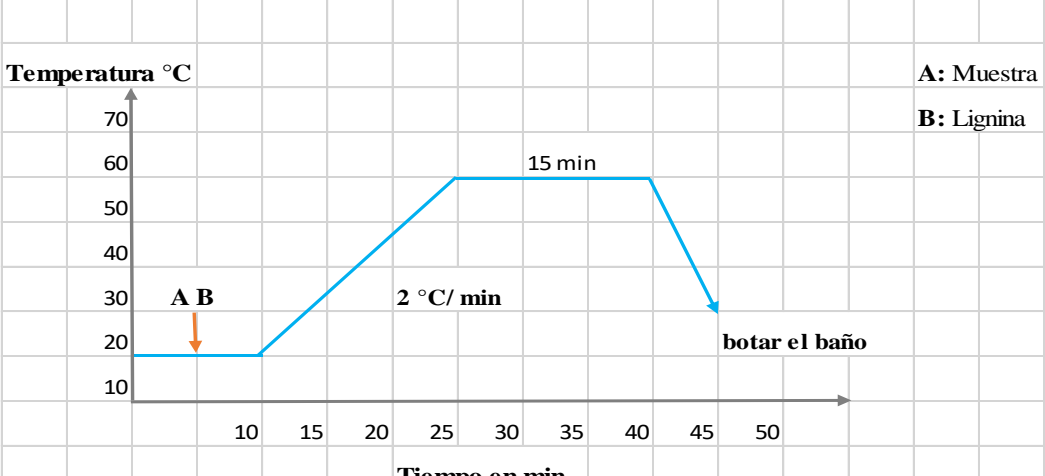
A continuación, desde la tabla 7 a 16, se indica cada ensayo realizado en el laboratorio de la Carrera de textiles de la Universidad Técnica de Norte, en las cuales se detallan las características del material textil utilizado para el desarrollo del acabado antibacterial con lignina de bambú, los productos químicos y las cantidades que fueron empleadas, también se muestran las curvas de acabado que se aplicó para cada ensayo, las mismas donde se especifican los tiempos y temperaturas aplicadas en el acabado.

Cada tabla cuenta con su respectiva observación porque al finalizar el proceso de acabado se realizó un análisis visual debido a que se observó residuos de lignina en el baño de acabado, las cuales se calificaron implementando una sencilla escala de valoración, para poder determinar si la lignina penetra en la fibra o por lo contrario todo quedó en el baño.

En cuanto al aspecto del material textil de la misma manera se realizó un análisis visual debido a que la muestra cambia de tonalidad dependiendo de los porcentajes de lignina que fueron aplicados, los auxiliares utilizados y la curva empleada para ensayo.

Tabla 7.

Aplicación del acabado al 15% de lignina con pH alcalino a 60° C.


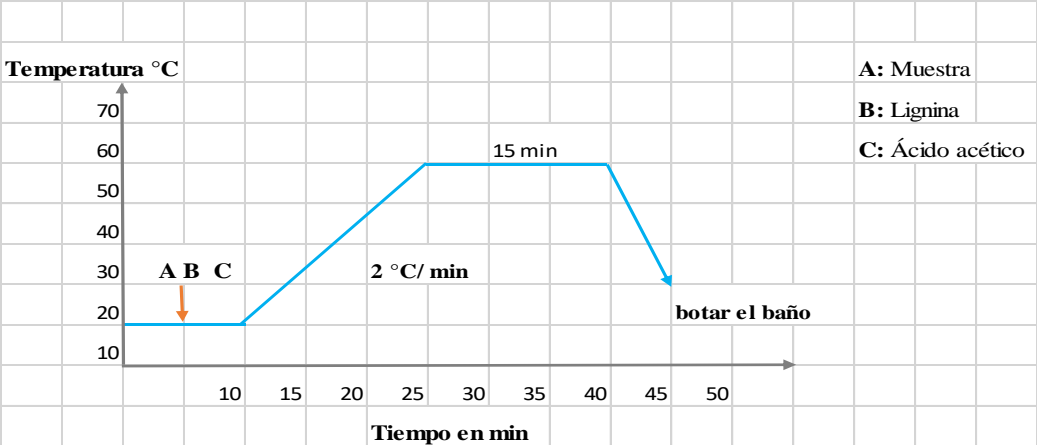
Datos informativos		
Composición material	100% Poliéster	Muestra 1
Peso (g)	10	
R/B	1/10	
pH	10	
Temperatura	60 °C	
Equipo	Autoclave	
Productos	(ml)	(g)
Agua	100	-
Lignina (15%)	-	1.5
Curva del proceso		
		

Fuente: (Bautista, 2021)

Observación: De acuerdo con la tabla 17, la **muestra 1** con el 15% de lignina aplicada en un tejido de punto 100% poliéster se calificó con el valor de 5, debido a que la lignina permaneció en el baño y no brindó ningún color al sustrato textil.

Tabla 8.

Aplicación del acabado al 15% de lignina con pH ácido a 60°C


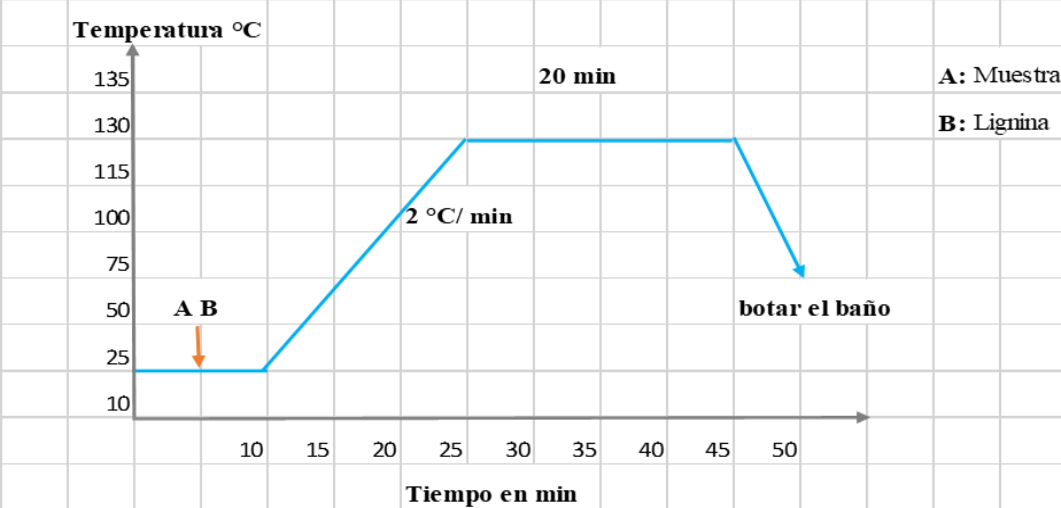
Datos informativos		
Composición material	100% Poliéster	Muestra 2
Peso (g)	10	
R/B	1/10	
pH	5.5	
Temperatura	60 °C	
Equipo	Autoclave	
Productos	(ml)	(g)
Agua	100	-
Lignina (15%)	-	1.5
Ácido acético (1g/l)	-	0.1
Curva del proceso		
 <p>Temperatura °C</p> <p>Tiempo en min</p> <p>A: Muestra B: Lignina C: Ácido acético</p> <p>2 °C/ min</p> <p>15 min</p> <p>botar el baño</p>		

Fuente: (Bautista, 2021)

Observación: De acuerdo con la tabla 17, la **muestra 2** con el 15% de lignina aplicada en un tejido de punto 100% poliéster se calificó con el valor de 4, debido a que la lignina permaneció en el baño y no brindó ningún color al sustrato textil.

Tabla 9.

Aplicación del acabado al 15% de lignina con pH alcalino a 130°C


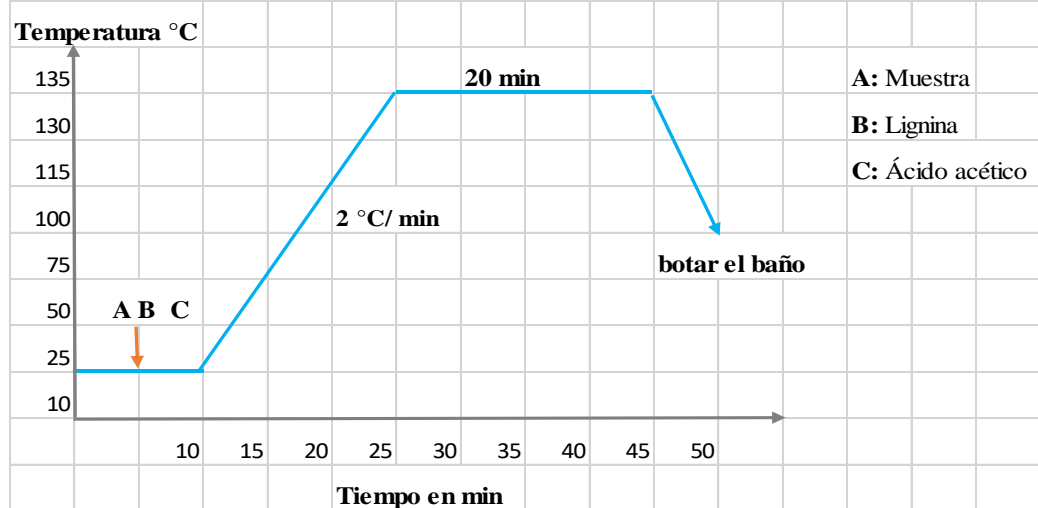
Datos informativos		
Composición material	100% Poliéster	Muestra 3
Peso (g)	10	
R/B	1/10	
pH	10	
Temperatura	130 °C	
Equipo	Autoclave	
Productos	(ml)	(g)
Agua	100	-
Lignina (15%)	-	1.5
Curva del proceso		
		

Fuente: (Bautista, 2021)

Observación: De acuerdo con la tabla 17, la **muestra 3** con el 15% de lignina aplicada en un tejido de punto 100% poliéster se calificó con el valor de 5, debido a que la lignina permaneció en el baño y no brindó ningún color al sustrato textil.

Tabla 10.

Aplicación del acabado al 15% de lignina con pH ácido a 130°C.

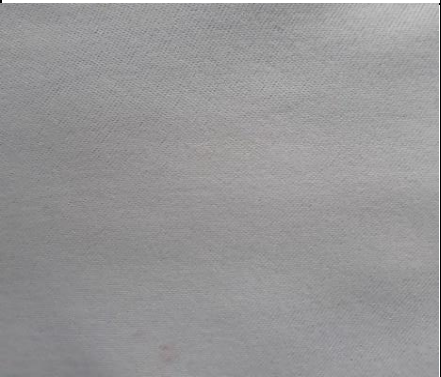
Datos informativos		
Composición material	100% Poliéster	Muestra 4
Peso (g)	10	
R/B	1/10	
pH	5.5	
Temperatura	130 °C	
Equipo	Autoclave	
Productos	(ml)	(g)
Agua	100	-
Lignina (15 %)	-	1.5
Ácido acético (1g/l)		0.1
Curva del proceso		
		

Fuente: (Bautista, 2021)

Observación: De acuerdo con la tabla 17, la **muestra 4** con el 15% de lignina aplicada en un tejido de punto 100% poliéster se calificó con el valor de 5, debido a que la lignina permaneció en el baño y no brindó ningún color al sustrato textil.

Tabla 11.

Aplicación del acabado al 1% de lignina con pH alcalino a 60°C.

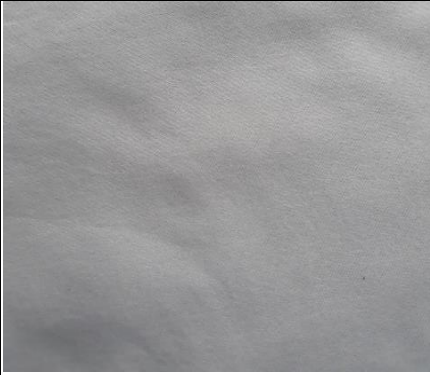
Datos informativos		
Composición material	100% Poliéster	Muestra 5
Peso (g)	10	
R/B	1/10	
pH	10	
Temperatura	60 °C	
Equipo	Autoclave	
Productos	(ml)	(g)
Agua	100	-
Lignina (1%)	-	0.1
Ligante (3%)	-	0.3
Ionizante (3%)	-	0.3
Curva del proceso		
<p>Temperatura °C</p> <p>Tiempo en min</p> <p>70 60 50 40 30 20 10</p> <p>10 15 20 25 30 35 40 45 50</p> <p>15 min</p> <p>2 °C/ min</p> <p>botar el baño</p> <p>A B C D</p>		<p>A: Muestra</p> <p>B: Lignina</p> <p>C: Ligante</p> <p>D: Ionizante</p>

Fuente: (Bautista, 2021)

Observación: De acuerdo con la tabla 17, la **muestra 5** con el 1% de lignina aplicada en un tejido de punto 100% poliéster se calificó con el valor de 5, debido a que la lignina permaneció en el baño y no brindó ningún color al sustrato textil.

Tabla 12.

Aplicación del acabado al 2% de lignina con pH alcalino a 60°C.


Datos informativos		
Composición material	100% Poliéster	Muestra 6
Peso (g)	10	
R/B	1/10	
pH	10	
Temperatura	60 °C	
Equipo	Autoclave	
Productos	(ml)	(g)
Agua	100	-
Lignina (2%)	-	0.2
Ligante (3%)	-	0.3
Ionizante (3%)	-	0.3
Curva del proceso		
<p>Temperatura °C</p> <p>70 60 50 40 30 20 10</p> <p>15 min</p> <p>2 °C/ min</p> <p>botar el baño</p> <p>10 15 20 25 30 35 40 45 50</p> <p>Tiempo en min</p>		<p>A: Muestra</p> <p>B: Lignina</p> <p>C: Ligante</p> <p>D: Ionizante</p>

Fuente: (Bautista, 2021)

Observación: De acuerdo con la tabla 17, la **muestra 6** con el 2% de lignina aplicada en un tejido de punto 100% poliéster se calificó con el valor de 5, debido a que la lignina permaneció en el baño y no brindó ningún color al sustrato textil.

Tabla 13.

Aplicación del acabado al 3% de lignina con pH alcalino a 60°C.

Datos informativos		
Composición material	100% Poliéster	Muestra 7
Peso (g)	10	
R/B	1/10	
pH	10	
Temperatura	60 °C	
Equipo	Autoclave	
Productos	(ml)	(g)
Agua	100	-
Lignina (3%)	-	0.3
Ligante (3%)	-	0.3
Ionizante (3%)	-	0.3
Curva del proceso		
<p>The graph plots Temperature (°C) on the y-axis (10 to 70) against Time (min) on the x-axis (0 to 50). The process curve is as follows:</p> <ul style="list-style-type: none"> 0 to 10 min: Temperature is constant at 20°C. This segment is labeled with 'A B C D' and an orange arrow points to the 10 min mark. 10 to 25 min: Temperature increases linearly at a rate of 2°C/min, reaching 60°C at 25 min. 25 to 40 min: Temperature is constant at 60°C. This segment is labeled '15 min'. 40 to 45 min: Temperature decreases linearly from 60°C to 30°C. This segment is labeled 'botar el baño'. 		<p>A: Muestra</p> <p>B: Lignina</p> <p>C: Ligante</p> <p>D: Ionizante</p>

Fuente: (Bautista, 2021)

Observación: De acuerdo con la tabla 17, la **muestra 7** con el 3% de lignina aplicada en un tejido de punto 100% poliéster se calificó con el valor de 5, debido a que la lignina permaneció en el baño y no brindó ningún color al sustrato textil.

Tabla 14.

Aplicación del acabado al 4% de lignina con pH alcalino a 60°C

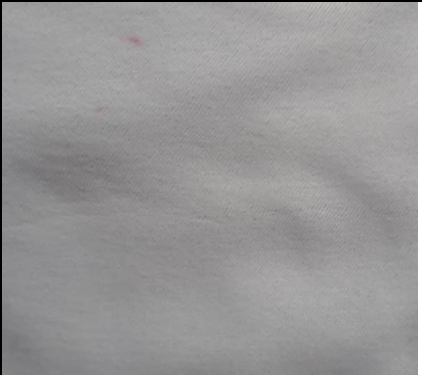
Datos informativos		
Composición material	100% Poliéster	Muestra 8
Peso (g)	10	
R/B	1/10	
pH	10	
Temperatura	60 °C	
Equipo	Autoclave	
Productos	(ml)	(g)
Agua	100	-
Lignina (4%)	-	0.4
Ligante (3%)	-	0.3
Ionizante (3%)	-	0.3
Curva del proceso		
		A: Muestra B: Lignina C: Ligante D: Ionizante

Fuente: (Bautista, 2021)

Observación: De acuerdo con la tabla 17, la **muestra 8** con el 4% de lignina aplicada en un tejido de punto 100% poliéster se calificó con el valor de 5, debido a que la lignina permaneció en el baño y no brindó ningún color al sustrato textil.

Tabla 15.

Aplicación del acabado al 5% de lignina con pH alcalino a 60°C.

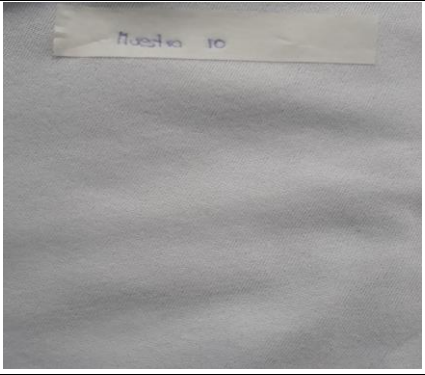
Datos informativos		
Composición material	100% Poliéster	Muestra 9
Peso (g)	10	
R/B	1/10	
pH	10	
Temperatura	60 °C	
Equipo	Autoclave	
Productos	(ml)	(g)
agua	100	-
Lignina (5%)	-	0.5
Ligante (3%)	-	0.3
Ionizante (3%)	-	0.3
Curva del proceso		
<p>Temperatura °C</p> <p>70 60 50 40 30 20 10</p> <p>10 15 20 25 30 35 40 45 50</p> <p>Tiempo en min</p> <p>2 °C/ min</p> <p>15 min</p> <p>botar el baño</p> <p>A B C D</p>		<p>A: Muestra</p> <p>B: Lignina</p> <p>C: Ligante</p> <p>D: Ionizante</p>

Fuente: (Bautista, 2021)

Observación: De acuerdo con la tabla 17, la **muestra 9** con el 5% de lignina aplicada en un tejido de punto 100% poliéster se calificó con el valor de 5, debido a que la lignina permaneció en el baño y no brindó ningún color al sustrato textil.

Tabla 16.

Aplicación del acabado al 10% de lignina con pH ácido a 60°C.

Datos informativos		
Composición material	100% Poliéster	Muestra 10
Peso (g)	10	
R/B	1/10	
pH	5.5	
Temperatura	60 °C	
Equipo	Autoclave	
Productos		
	(ml)	(g)
agua	100	-
Lignina (10%)	-	1
Ácido fórmico (1g/l)	-	0.1
Emulsión de silicona (50%)	-	5
Curva del proceso		
<p>Temperatura °C</p> <p>Tiempo en min</p> <p>A: Muestra B: Lignina C: Ácido fórmico D: Emulsión de silicona</p>		

Fuente: (Bautista, 2021)

Observación: De acuerdo con la tabla 17, la **muestra 10** con el 10% de lignina aplicada en un tejido de punto 100% poliéster se calificó con el valor de 2, debido a que la lignina se agotó y brindó un color beige al sustrato textil.

Para determinar el porcentaje de absorción de la lignina se ha realizado una tabla con un rango de índice de observación visual de la lignina del baño hacía en el tejido tomando en cuenta los siguientes rangos:

- 1-2 excelente
- 2-3 bueno
- 3-4 regular
- 4-5 Malo

Tabla 17.

Índice visual de absorción de la lignina en la tela.

Nº muestras	%Lignina	Observación visual del resultado con lignina
1	15	5
2	15	4
3	15	5
4	15	5
5	1	5
6	2	5
7	3	5
8	4	5
9	5	5
10	10	2

Fuente: (Bautista, 2021)

4.1.1. Pruebas antibacteriales

Esta prueba fue realizada con la ayuda de un técnico de microbiología, aplicando la norma y el método de ensayo NTE 1529-5:2006 (adaptado), este tipo de análisis antibacterial fue realizado en la Universidad Técnica del Norte, en los laboratorios de Análisis Físico, Químicos y Microbiológicos de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales (FICAYA).

La norma NTE 1529-5:2006 (adaptado), establece el método para cuantificar la presencia de grupos de microorganismos aerobios mesófilos totales.

Materiales de pruebas antibacterianas

- Frascos autoclavables
- Micropipetas
- gradillas

Equipos de pruebas antibacterianas

- Balanza analítica
- Autoclave
- Horno de cultivo

Medios de cultivo

- Placas Petrifilm de aerobios mesófilos totales
- Agua de peptona tamponada
- Agua destilada

Proceso de pruebas antibacteriales

- 1- Limpiar y esterilizar perfectamente los materiales a 60° C de 20 a 30 minutos. [Anexo 7A](#)
- 2- Preparar el medio de enriquecimiento mediante la mezcla de agua de peptona tamponada en un frasco autoclavable de 500ml
- 3- Autoclavar el medio de enriquecimiento a 121°C durante 15 minutos que las soluciones se disuelvan completamente. [Anexo 7B](#)
- 4- Retirar el medio de cultivo de la autoclave y esperar que se encuentre a temperatura ambiente.
- 5- Introducir la muestra contaminada en el medio de cultivo y mezclar cuidadosamente con movimientos de vaivén. [Anexo 7C](#)
- 6- Colocar la placa petrifilm en una superficie plana y con la ayuda de la micropipeta, en forma perpendicular colocar la disolución en el centro de la placa. [Anexo 8A](#)
- 7- Incube la placa cara arriba en grupos de menos de 20 placas a 30°C por 72 horas. [Anexo 8B](#)
- 8- Contar el número de colonias formadas en un contador de colonias u otro tipo de lupa con luz. [Anexo 8C](#)

4.1.2. Pruebas de solidez al lavado

Aplicando la norma, el método de ensayo AATCC61- 2013 “Solidez del color al lavado acelerado (adaptado)”, este ensayo nos detalla los materiales, los productos y los parámetros que fueron aplicados en el lavado de las muestras, mismas que pasaron por un proceso de acabado con 2%, 4%, 6%, 8% y 10% de lignina.

Este método contiene vario tipos de ensayos, de los cuales se seleccionó el ensayo N° 3A, el cual fue adaptado para realizarse en muestras de tela de 10g sin la necesidad de cortra la muetra. Esta prueba hace una simulación de 5 lavados caseros a una temperatura de 71°C durante 45 minutos.

Materiales de solidez al lavado

- Detergente en polvo
- Detergente líquido
- Agua destilada
- Balines de acero
- Vaso de precipitación

Equipos de solidez al lavado

- Balanza analítica
- Autoclave

Proceso de lavado

- 1- Preparar los productos (agua destilada, detergente en polvo y detergente liquido) y realizar los cálculos respectivos tomando en cuenta el ensayo seleccionado °N 3A de acuerdo a la tabla indicada en la norma [AATCC61-2013](#).
- 2- Mediante los cálculos realizados pesar: detergente en polvo (0,75 g), pipetear: detergente líquido (1,15 ml) y en un vaso de precipitación colocar 500ml de agua destilad. [Anexo 10](#)

- 3- Mezclar los productos pesados en un vaso de precipitación en la que se encuentra el agua destilada. [Anexo 11](#)
- 4- Colocar la mezcla de los productos, balines de acero (100 balines de acuerdo a la norma) y las muestras de tela con acabado en los vasos de muestra de la máquina de laboratorio autoclave. [Anexo 12](#)
- 5- Ubicar los vasos en la máquina autoclave y programar la temperatura (71°C) y el tiempo (45 min) de acuerdo a la tabla indicada en la norma. [Anexo 13](#)
- 6- Sacar los vasos de la máquina autoclave, sacar las muestras y botar el baño. [Anexo 14](#)
- 7- Secar las muestras en el horno a 90 °C durante 10 min.
- 8- Guardar las muestras en fundas selladas con su respectivo nombre de identificación

Curva de lavado

Para el desarrollo de la prueba de solidez al lavado se aplicó la curva indicada en la figura 6, donde se observan los parámetros de temperatura, tiempo y productos utilizados según el ensayo N° 3A el cual fue seleccionado, estos son parámetros importantes que siempre deben ser tomados en cuenta.

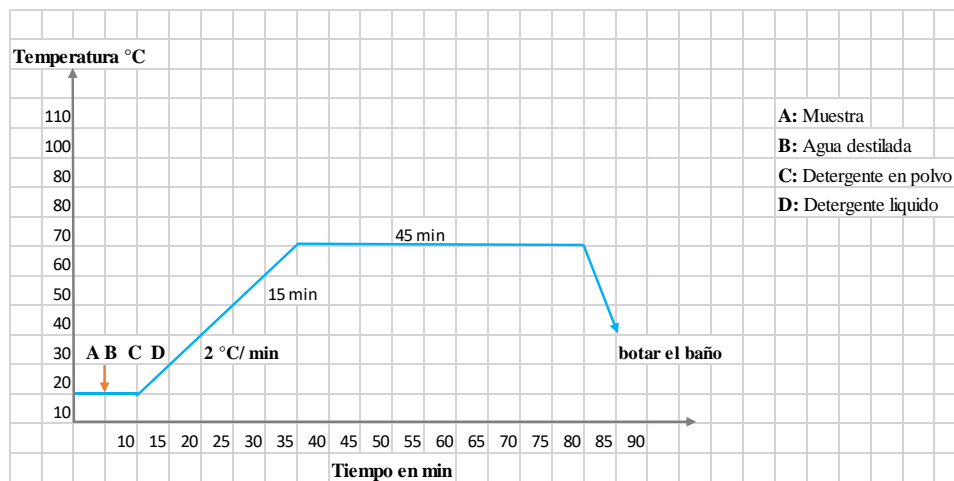


Figura 6. Curva de acabado

Fuente: (Bautista, 2021)

CAPÍTULO V.

RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Resultados

5.1.1. Tabla de pruebas antibacteriales

A continuación, se muestran los resultados obtenidos después de realizar las pruebas antibacteriales, con el fin de determinar la acción antibacterial que presenta el acabado en las muestras textiles, de acuerdo a las concentraciones de lignina que fueron aplicadas en las muestras al 2%, 4%, 6%, 8%, 10% y una sin acabado como se muestra en la tabla 18.

En el desarrollo de las pruebas antibacteriales se realizó dos conteos de unidades formadoras de colonias (UFC) por cada porcentaje, para luego obtener un promedio multiplicado por 10 dependiendo de la disolución aplicada como indica la norma NTE 1529-5:2006 (adaptado), obteniendo el valor total de las unidades formadoras de colonias por cada porcentaje.

Tabla 18.

Resultados de pruebas antibacteriales en muestras con acabado.

CON ACABADO			
Disolución 10^{-1}			
% Lignina	UFC /cm ²	UFC /cm ²	Promedio (Total UFC /cm ²)
2	18	21	195
4	18	19	185
6	18	11	145
8	37	36	365
10	10	6	80
S.A	180	200	1900

Nota: sigla propuesta en la tabla **S.A**: Sin acabado.

Fuente: (Bautista, 2021)

5.1.2. Tabla de solidez al lavado

En esta tabla 19, se detallan los resultados obtenidos después de realizar el ensayo N° 3A de solidez al lavado, con el fin de determinar la resistencia que presenta el acabado en las muestras textiles, de acuerdo a las concentraciones de lignina que fueron aplicadas en las muestras al 2%, 4%, 6%, 8% y 10%.

Tabla 19.

Resultados de pruebas antibacteriales en muestras después del lavado 3A.

DESPUES DEL LAVADO 3A			
%Lignina	Disolución 10^{-1}		Promedio (Total UFC/cm²)
	UFC/cm²	UFC/cm²	
2	5000	5000	50000
4	5000	5000	50000
6	43	42	425
8	27	30	285
10	160	160	1600

Fuente: (Bautista, 2021)

5.1.3. Tabla general de resultados

En la tabla 20, se da a conocer de forma general los datos obtenidos en las pruebas realizadas, donde se puede apreciar el valor obtenido en las pruebas antibacteriales en distintas muestras con acabado y muestras aplicadas del ensayo 3A de solidez al lavado por cada porcentaje indicado.

Tabla 20.

Resultado general de pruebas antibacteriales.

Lignina (%)	UFC-SA	UFC- ADL	UFC- DL
	<i>cm²</i>	<i>cm²</i>	<i>cm²</i>
2	1900	195	50000
4	1900	185	50000
6	1900	145	425
8	1900	365	285
10	1900	80	1600

Nota: siglas propuestas de las pruebas realizadas **UFC:** Unidades formadoras de colonias, **UFC-SA:** Total UFC sin acabado, **UFC- ADL:** Total UFC antes del lavado, **UFC- DL:** Total UFC después del lavado.

Fuente: (Bautista, 2021)

Unidades Formadoras de Colonias/ *cm²*


5.2. Análisis de resultados

5.2.1. Análisis de la varianza

El análisis de la varianza de las pruebas desarrolladas se ejecutó en el programa Past 4, obteniendo los datos que se dan a conocer en la tabla 21, donde se encuentran los resultados obtenidos de manera general en base a los porcentajes aplicados y las pruebas realizadas a las muestras textiles sin acabado, con acabado y después del lavado aplicado el método del ensayo 3A de solidez al lavado.

Tabla 21.

Análisis de la varianza.

 Univariate statistics

	Lignina (%)	UFC-SA (cm ²)	UFC- ADL (cm ²)	UFC- DL (cm ²)
N	5	5	5	5
Min	2	1900	80	285
Max	10	1900	365	50000
Sum	30	9500	970	102310
Mean	6	1900	194	20462
Std. error	1,414214	0	47,28636	12061
Variance	10	0	11180	7,273387E08
Stand. dev	3,162278	0	105,7355	26969,22
Median	6	1900	185	1600
25 prntil	3	1900	112,5	355
75 prntil	9	1900	280	50000
Skewness	0	0	1,198511	0,6069532
Kurtosis	-1,2	0	2,297661	-3,331021
Geom. mean	5,210342	1900	172,5009	3443,965
Coeff. var	52,70463	0	54,50284	131,8015

Fuente: (Bautista, 2021)

Como se observa en la tabla 21, se muestran los valores obtenidos de 11 muestras realizadas, donde se da a conocer algunos datos relevantes como la media de los valores de las muestras, el error estándar que se obtuvo un valor de 12061 Unidades Formadoras de Colonias en las muestras después del lavado dando una dispersión de datos a diferencia de la muestra sin acabado que dio un valor de 0 unidades formadoras de colonias.

En los coeficientes de variación se obtiene un valor mayor de las Unidades Formadoras de Colonias en las muestras después del lavado obteniendo 131, 8015%, dando una dispersión de datos a diferencia de las Unidades formadoras de colonias en las muestras antes de lavado consiguiendo 54,50287% y un valor menor de Unidades Formadoras de Colonias en las muestras sin acabado dando un valor al 0%.

5.2.2. Normalidad de los datos

Se realizó el análisis de la normalidad con la intención de conocer el grado de confiabilidad de los valores obtenidos en cada prueba realizada. En la tabla 22, se muestra el test realizado en el

programa Past 4, en cual se da a conocer según Jacque. Bera- (Pnormal), los valores ($p > 0.05$), dando una confiabilidad de 95% en los datos expuestos de cada prueba, indicando que los datos analizados se encuentran dentro de lo normal.

Tabla 22.

Normalidad de datos.

🍌 Tests for normal distribution

	Lignina (%)	UFC-SA (cm ²)	UFC- ADL (cm ²)	UFC- DL (cm ²)
N	5		5	5
Shapiro-Wilk W	0,9868		0,9078	0,6963
p(normal)	0,9672		0,4547	0,008752
Anderson-Darling A	0,1436		0,3458	0,7668
p(normal)	0,9196		0,3101	0,01628
p(Monte Carlo)	0,9874		0,3497	0,0139
Lilliefors L	0,1365		0,2962	0,3578
p(normal)	40,19		0,1617	0,03539
p(Monte Carlo)	0,9893		0,1658	0,0348
Jarque-Bera JB	0,3521		0,5764	0,8379
p(normal)	0,8386		0,7496	0,6577
p(Monte Carlo)	0,7933		0,4122	0,1344

Fuente: (Bautista, 2021)

5.2.3. Análisis de resultados obtenidos

En la figura 7 del gráfico Graph, se muestra el resultado de los datos en cada prueba realizada. Se debe tomar en cuenta que los valores en el eje X corresponden a la muestra sin lignina y las concentraciones de lignina al 2%, 4%, 6%, 8% y 10% y los valores en el eje Y pertenecen a las unidades formadoras de colonias en un centímetro cuadrado.

En el gráfico obtenido se puede apreciar que el valor más alto de las Unidades Formadoras de Colonias se presenta en las muestras después del lavado, mismas que tenían un acabado de concentraciones de 2% y 4% de lignina, se observa que mediante el aumento de las concentraciones de lignina existe una relación en la disminución de las Unidades Formadoras de Colonias. También se puede observar que las 5 muestras con acabado, presentaron la propiedad antibacterial y las 5

muestras después del lavado mostraron la disminución de la propiedad antibacterial exponiendo variaciones, dependiendo del porcentaje de lignina que fue aplicado, sin embargo, la muestra con concentración del 8% de lignina, obtuvo un mejor resultado, tanto en la muestra con acabado, como en la muestra después del lavado en las cuales se observó mejor relación de datos sobre las unidades formadoras de colonias.

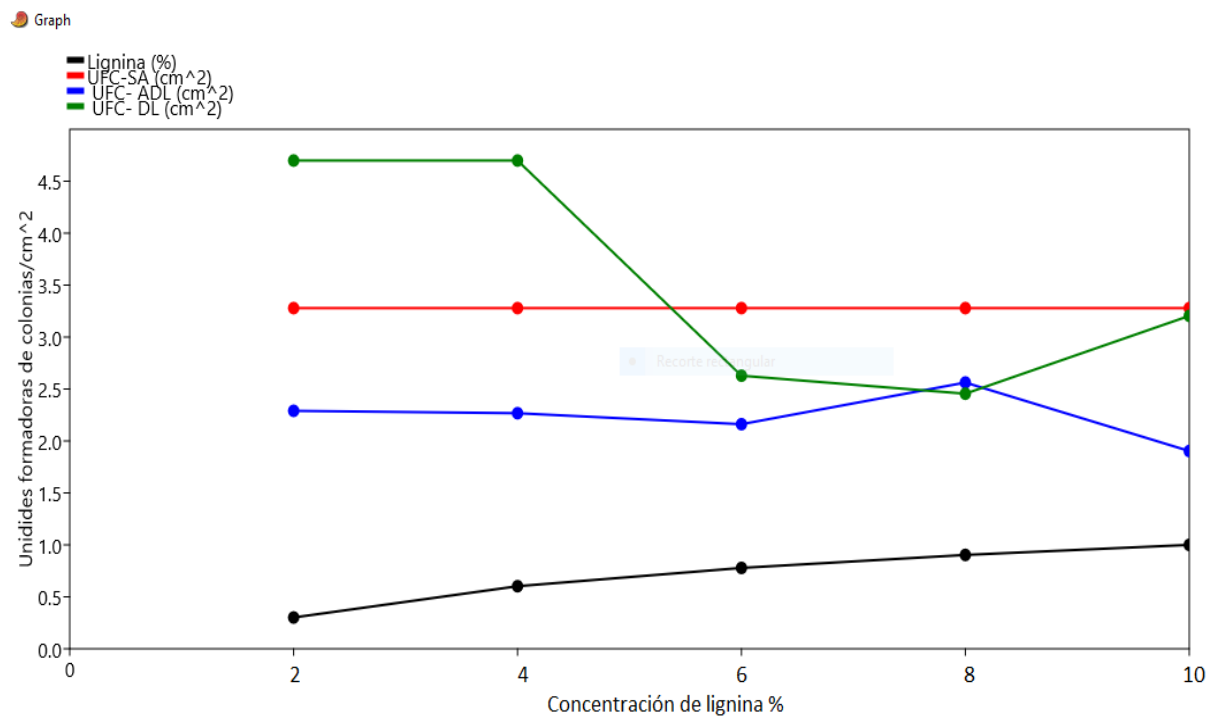


Figura 7. Gráfico General Graph

Fuente: (Bautista, 2021)

En la figura 8 del gráfico Box plot, mediante la representación gráfica en barras, tomando en cuenta que los valores en el eje X corresponden a las pruebas realizadas y en el eje Y corresponde a los valores de las unidades formadoras de colonias, se puede observar cómo los valores de cada una de las pruebas tienen tendencia a subir o bajar, en el caso de las pruebas realizadas a las muestras antes del lavado se observó una mejor valoración de menos de 5000 Ufc/ cm², la cual indica que existió un menor crecimiento de unidades formadoras de colonias, por otra parte en el caso de las pruebas realizadas a las muestras después del lavado se observó una valoración alta que sobrepasa las 20000 Ufc/ cm², indicando un mayor crecimiento de las unidades formadoras de colonias.

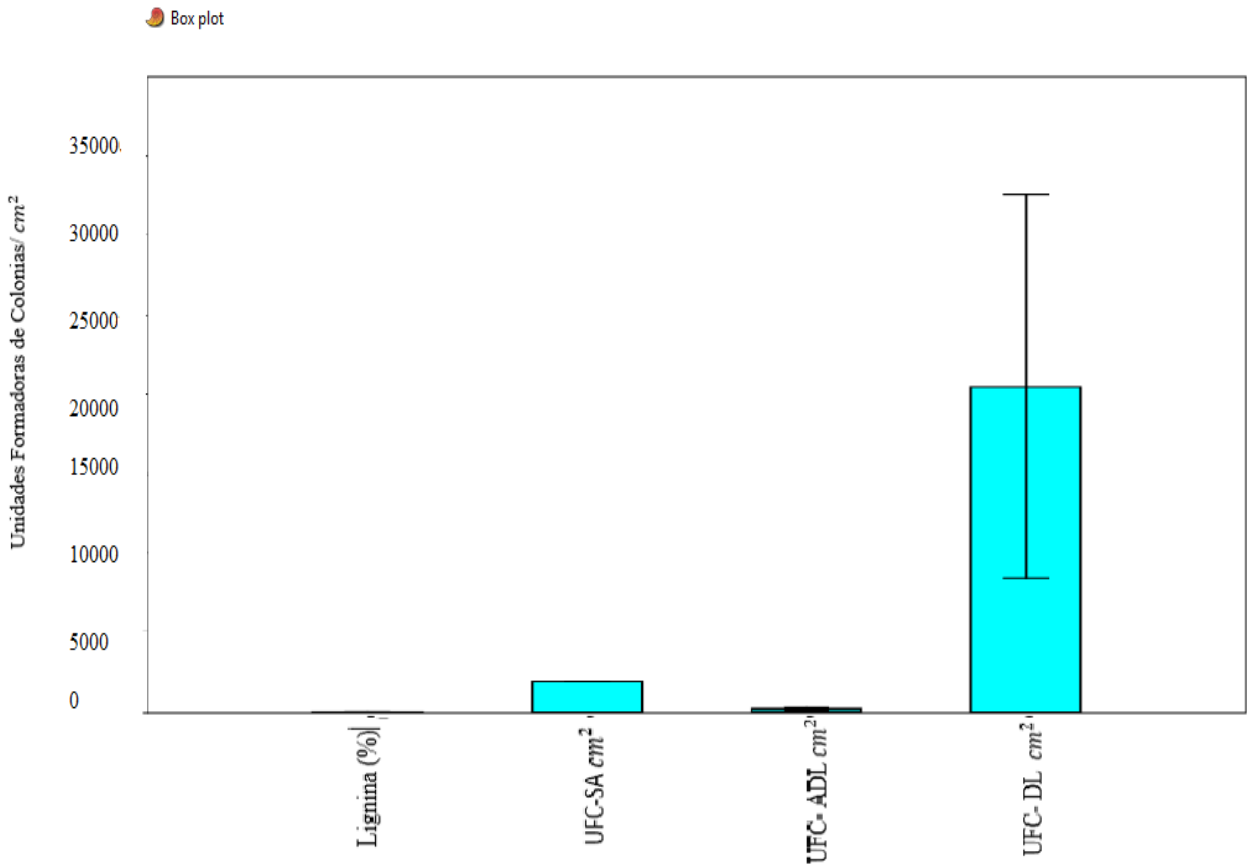


Figura 8. Gráfico Box plot

Fuente: (Bautista, 2021)

En el siguiente gráfico Matrix plot se indica cada una de las concentraciones aplicadas, las cuales se muestran en los valores en el eje Y que van del 2%, 4%, 6%, 8%, y 10% de lignina, se indica donde existe mayor variación de datos y donde permanecen constantes por medio de una representación visual de colores que muestra la similitud que existe entre los valores obtenidos.

Mediante el análisis estadístico y el gráfico reflejado en la figura 9, se puede observar el comportamiento de cada muestra que son representadas por los colores correspondientes a los valores de las unidades formadoras de colonias sobre centímetro cuadrado desde los más bajos representados por el color azul hasta los más altos representados por el color rojo. Se observa que en las muestras al 2% y 4% de lignina existe un aumento de unidades formadoras de colonias representadas por el color rojo, en relación a los demás porcentajes de 6%, 8% y 10% de lignina

donde se observa que las colonias disminuyen, representadas por el color azul, también se puede apreciar que en la muestra al 8% de lignina en comparación con las muestras realizadas, presenta el menor crecimiento de unidades formadoras de colonias, representada por un color azul mas intenso.

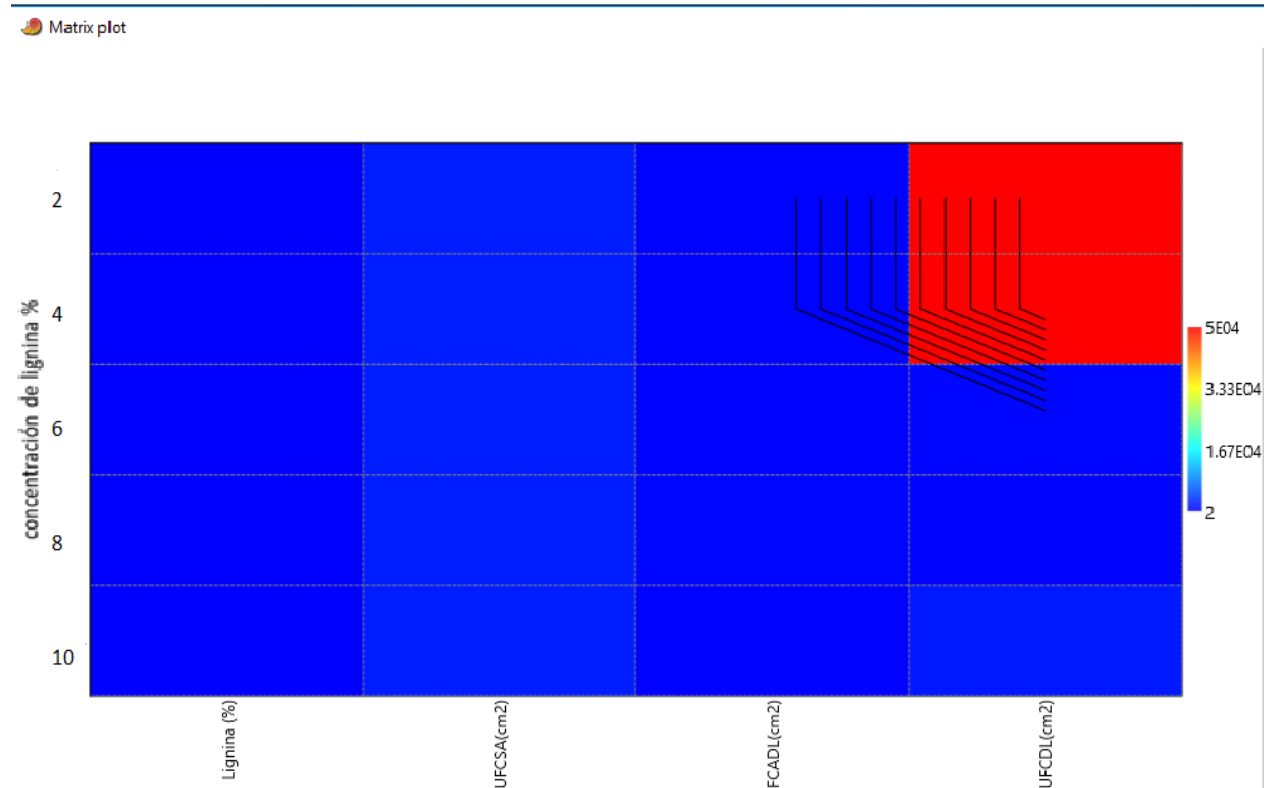


Figura 9. Gráfico Matrix plot

Fuente: (Bautista, 2021)

CAPÍTULO VI.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Mediante la investigación realizada en fuentes bibliográficas confiables y el desarrollo de la parte práctica de la investigación, se determinó que la lignina del bambú si posee la propiedad antibacterial como lo explica, (Cruz, Dopico, Figueredo , Rodríguez, & Martínez, 2006) “la primera aplicación médica de la lignina fue el uso de lignina hidrolítica en la fabricación de un preparados para el tratamiento de trastornos estomacales agudos basándose en su gran capacidad de adsorción” (párr. 4).
- Luego de realizar varias pruebas de acabado en tejido jersey 100% poliéster filamento continuo mediante el método de agotamiento con diferentes productos auxiliares, se llegó a determinar el proceso más adecuado, el cual se muestra en la [tabla 16](#), con la aplicación de auxiliares, ácido fórmico(1g/l) y emulsión de silicona (50%), donde se obtuvieron mejores resultados, para posteriormente aplicar el acabado en las 15 muestras principales al 2%, 4%, 6%, 8% y 10% de lignina.
- De acuerdo a los datos obtenidos de las pruebas antibacteriales realizadas a las muestras con concentraciones al 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, la cual disminuyó el 80.78% unidades formadoras de colonias.
- Después de haber sometido a las muestras con concentraciones de 2%, 4%, 6%, 8% y 10% con lignina, a pruebas de solidez al lavado método 3A la cual simula el efecto de cinco lavados caseros o domésticos y posteriormente realizar las pruebas antibacteriales, se obtuvieron resultados donde se observó una disminución del 85% de la acción antibacterial en las muestras después del lavado con relación a las muestras antes del lavado, concluyendo que el acabado realizado seria calificado como un acabado semipermanente.

6.2. Recomendaciones

- La propiedad antibacterial de la lignina de momento no ha sido aplicada en textiles debido a eso no se encontró suficiente información en documentos científicos, por lo tanto, se recomienda profundizar más sobre el tema.
- En el desarrollo de la parte práctica es recomendable calibrar los equipos a utilizar de acuerdo a las especificaciones técnicas de fabricante para asegurar los resultados de los análisis, en el caso de autoclave seleccionar el programa adecuado, si no se encuentra la curva requerida, añadir una y luego tener listo todo para iniciar el trabajo
- Para obtener un mejor resultado antibacterial mediante el proceso de acabado por el método de agotamiento se recomienda no aplicar concentraciones mayores al 10% de lignina, debido a que el sustrato ya agotó la cantidad necesaria del producto y si sobre pasa el porcentaje indicado solo resulta un desperdicio de lignina.
- Es de gran importancia conocer las características y propiedades de los productos auxiliares que se van a ser aplicados en el acabado, para realizar un proceso adecuado donde se dé la correcta funcionalidad de cada producto como es el caso de la silicona que trabaja en pH 5.5.
- Es recomendable esterilizar el espacio físico y todos los materiales que se van a utilizar en el proceso de acabado y en el desarrollo del análisis antibacterial.
- Se recomienda realizar un acabado antibacterial con lignina de bambú, utilizando material de Co 100% con los porcentajes de 6%, 8% y 10% de lignina, para determinar la acción antibacterial y la resistencia al lavado en dicho material.

CAPÍTULO VII.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA Y ANEXOS

Referencias bibliográficas

AATCC . (2015). Colorfastness to Laundering: Accelerated. USA.

Ácidos. (10 de Junio de 2019). *Ácido fórmico en la industria textil*. Recuperado el 22 de Abril de 2020, de <https://www.acidoformico.com/industria-textil/>

Alba, P. (Enero de 2016). *Aplicación de un acabado antibacteriano e impermeabilizante en la ropa de trabajo para los agricultores de San Gabriel utilizando sulfato de cobre y microemulsión de silicona*. Recuperado el 20 de Enero de 2021, de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7944/1/04%20IT%20182%20TRABAJO%20GRADO.pdf>

Añazco, M., & Rojas, S. (Abril de 2015). *Estudio de la cadena desde la producción al consumo del bambu en Ecuador con énfasis en la especie Guadua angustifolia*. Recuperado el 13 de Agosto de 2020, de bambuecuador.files: <https://bambuecuador.files.wordpress.com/2018/01/2015-estudio-de-la-cadena-desde-la-produccioc81n-al-consumo-del-bmabucc81-en-ecuador.pdf>

BAMBÚ ECUADOR. (2016). *Punto de encuentro entre los sectores productivos, social, educativo y gubernamental, para optimizar el desarrollo y aprovechamiento del bambú en el Ecuador*. Recuperado el 13 de Agosto de 2020, de Blog: Bambu: <https://bambu.com.ec/bambu/>

bambuecuador. (Agosto de 2017). *DIRECTORIO DE CONTRATOS DEL SECTOR DEL BAMBÚ EN ECUADOR*. Recuperado el 13 de Agosto de 2020, de bambuecuador: <https://bambuecuador.files.wordpress.com/2015/03/directorio-del-sector-bambc3ba-agosto-2017.pdf>

Bayetero, E. (2017). *Utilización del almidón de patatas para impermeabilizar telas Pes/Co destinadas a mantelería*. Recuperado el 22 de Abril de 2020, de

<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6448/1/04%20IT%20191%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

Cabezas , E., Andrade, D., & Torres, J. (Octubre de 2018). *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Recuperado el 05 de Enero de 2020, de <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/15424/1/Introduccion%20a%20la%20Metodologia%20de%20la%20investigacion%20cientifica.pdf>

Castillo, C. (2019). *Propuesta de mejora en el proceso de tintura de fibras textiles en poliamida*. Obtenido de <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7589/1/6141214-2019-2-IQ.pdf>

Castillo, I. (19 de Junio de 2018). *Método comparativo de investigación: características, paso*. Recuperado el 05 de Enero de 2020, de <https://www.lifeder.com/metodo-comparativo/>

Chávez , M., & Domine, M. (Diciembre de 2013). *Lignina, estructura y aplicaciones: Métodos de despolimerización para la obtencion de derivados aromáticos de interes industrial*. Recuperado el 30 de Agosto de 2020, de Lignina, estructura y aplicaciones: Métodos de despolimerización para la obtencion de derivados aromáticos de interes industrial: <https://www.redalyc.org/pdf/3236/323629266003.pdf>

Colorists, AATCC Technical Manual. (2010). USA: EDITORIAL COMMITTEE.

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. (12 de Marzo de 2020). ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DEL ESTADO.

Cruz, R., Dopico, D., Figueredo , J., Rodríguez, M., & Martínez, G. (2006 de Agosto de 2006). *Usos de la lignina de bagazo con fines medicinales*. Recuperado el 30 de Agosto de 2020, de Usos de la lignina de bagazo con fines medicinales: https://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/medicina_experimental/v14_n1/lignina_bagazo.htm

Droquimar. (14 de Julio de 2016). *Silicona emulsión, acción abrillantadora de fácil aplicación*. Recuperado el 06 de Julio de 2020, de <https://droquimar.blogspot.com/2016/07/silicona-emulsion-accion-abrillantadora.html>

- Faouzi, Y. (11 de Febrero de 2017). *Diseño de proyectos con bambú en Lima como estrategia de difusión de un método constructivo al ternativo y sostenible*. Obtenido de https://www.usmp.edu.pe/ivuc/pdf/Bambu_en_Lima.pdf
- Gelambi, M. (23 de Julio de 2019). *Lignina: estructura, funciones, extracción, degradación, usos*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/lignina/>
- Gestión. (2019). *AATCC-100-Evaluación de antimicrobianos en tejido AATCC 100:*. Recuperado el 06 de Enero de 2020, de <https://www.ivami.com/es/actividades-biocidas-y-toxicologia-con-desinfectantes-25-pruebas-acreditadas/2492-aatcc-100-evaluacion-de-antimicrobianos-en-tejidos-aatcc-100-2012-b-asesment-of-antimicrobial-finishes-on-textile-materials-b-acreditada-por-enac-b>
- Greenpeace. (Febrero de 2006). *El futuro de la producción de Celulosa y las técnicas de producción más favorables para el medio ambiente*. Recuperado el 30 de Agosto de 2020, de http://www.fiq.unl.edu.ar/gir/archivos_pdf/greenpeace_FuturodeLaProducciondeCelulosa.pdf
- Hidalgo, F., & Guaman, M. (29 de Marzo de 2017). *Diseño y construcción de un desmineralizador de lecho múltiple*. Recuperado el 28 de Abril de 2020, de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/746/1/976.pdf>
- Importancia de La Industria Textil. (01 de Noviembre de 2017). *Importancia de La Industria Textil para el ser humano*. Recuperado el 08 de Agosto de 2020, de <https://es.scribd.com/document/363241306/Importancia-de-La-Industria-Textil>
- INEN. (2006). *Control microbiológico de los alimentos*. Obtenido de Determinación de la cantidad de microorganismos aerobio mesófilos: <https://ia802906.us.archive.org/16/items/ec.nte.1529.5.2006/ec.nte.1529.5.2006.pdf>
- Kumar, A. (06 de Noviembre de 1997). *La red internacional del bambú y rotén*. Recuperado el 23 de Agosto de 2020, de <http://www.fao.org/3/x2450s/x2450s0a.htm>
- Lavado, L. (2012). *La industria textil y su control de calidad*. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=CeOt6->

u17_QC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Maigua, Y. (01 de Mayo de 2019). *Aplicación de un acabado antibacterial en camiseta deportiva 65/35% polie{ster / algodóny determinación de su receta optima*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9214/1/04%20IT%20242%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

Masilla, L., & Ruiz, M. (2009). Reciclaje de botellas de PET para obtener fibra de poliéster. Obtenido de https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/view/627/608

Maya, M., Gonzáles, L., & Restrepo, A. (Diciembre de 2017). *Compuestos antimicrobiales para textiles y sus métodos de caracterización*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/323460956_Compuestos_antimicrobiales_para_textiles_y_sus_metodos_de_caracterizacion

Muñoz, L. M. (Octubre de 2019). *Tendencia y aplicaciones*. Obtenido de Acabados Antimicrobianos en textiles: <http://revistas.sena.edu.co/index.php/Encuentro/article/view/2766/3326>

National Human Genome. (julio de 2021). *National Human Genome research institute*. Recuperado el julio de 07 de 2020, de Bacteria: <https://www.genome.gov/es/genetics-glossary/Bacteria>

Quintana, K., Hidalgo, M., & Muñoz, M. (05 de Agosto de 2011). *Diseño y evaluación de uniones de material compuesto de matriz termoplastico para bicicletas de bamboo*. Recuperado el 23 de Agosto de 2020, de <https://docplayer.es/14303246-Diseno-y-evaluacion-de-uniones-de-material-compuesto-de-matriz-termoplastico-para-bicicletas-de-bamboo.html>

Ramírez Cruz, K. A. (Febrero de 2017). *Determinación de mesófilos aerobios, coliformes totales y fecales en el cultivo de espinaca (Spinacia oleracea L.), producido en tres municipios del estado de México*. Obtenido de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/65584/KATIA%20ANAHI%20RAMIREZ%20CRUZ.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

TecTijuanaFI. (26 de Octubre de 2020). *Tipos de métodos (inductivo, deductivo, analítico, sintético, comparativo, dielectico, entre otros)*. Recuperado el 05 de Enero de 2020, de <https://sites.google.com/site/tectijuanafi/unidad-ii/2-3-tipos-de-metodos-inductivo-deductivo-analitico-sintetico-comparativo-dialectico-entre-otros>

Textos Científicos. (15 de Abril de 2006). *Proceso de obtención de pulpa al sulfato o Kraft*. Obtenido de Textos Científicos : <https://www.textoscientificos.com/papel/pulpa/kraft>

Tituaña, T. (16 de Mayo de 2018). *Aplicación de un acabado textil con alumbre de potasio, en un tejido de punto algodón/poliéster, mediante el proceso de agotamiento para otorgarle propiedades antibacterianas*. Recuperado el 20 de Enero de 2021, de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8201/1/04%20IT%20231%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

Universidad Técnica del Norte. (2016). *UniPortalWeb UTN*. Obtenido de https://www.utn.edu.ec/web/uniportal/?page_id=2667

Universidad Técnica del Norte. (2017). *Carrera de Textiles*. Recuperado el 05 de Enero de 2020, de <https://www.utn.edu.ec/fica/carreras/textil/>

Yacelga, J. (Mayo de 2018). *Obtención de base de celulosa a partir del bambú para utilizarla como materia prima en la fabricación de fibra textil*. Recuperado el 13 de Agosto de 2020, de Tesis: Universidad Técnica del Norte, Boblioteca Universitaria: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8258/1/04%20IT%20233%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

Anexos

PROCESO DE ACABADO:



A. Peso de muestra



B. Peso de lignina



C. Ácido fórmico



D. Emulsión de silicona

Anexo 1. Auxiliares utilizados para el proceso de acabado, lignina, Ácido fórmico y Emulsión de silicona.

Fuente: (Bautista, 2021)



Anexo 2. Medidor de pH (GMH 3530)

Fuente: (Bautista, 2021)



A. Colocar muestras



B. Preparar vasos con muestras

Anexo 3. Colocar las muestras en los vasos del proceso.

Fuente: (Bautista, 2021)



Anexo 4. Autoclave para el proceso de acabado.

Fuente: (Bautista,2021)



Anexo 5. Desechar el baño de acabado.

Fuente: (Bautista, 2021)



Anexo 6. Almacenar la muestra seca.

Fuente: (Bautista, 2021)

PROCESO DE PRUEBAS ANTIBACTERIALES:



A. Limpiar y esterilizar
Los materiales.



B. Autoclaver el medio de
enriquecimiento.



C. Introducir la muestra
Contaminada en el medio
De cultivo

Anexo 7. Preparar el medio de cultivo.

Fuente: (Bautista, 2021)



A. Colocar la disolución en
la placa pretifilm.



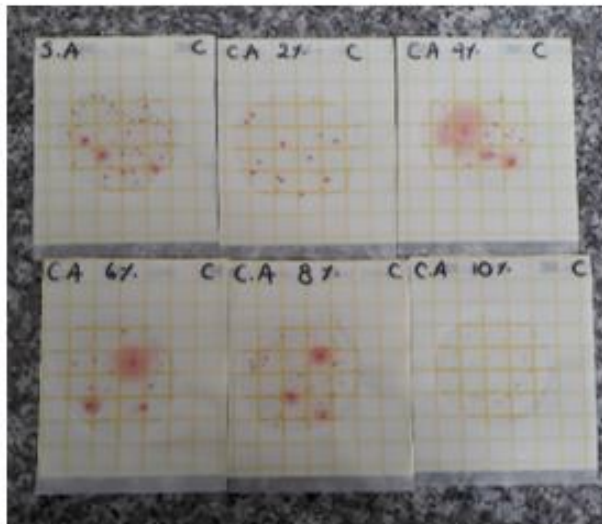
B. Incubar la plata petrifilm



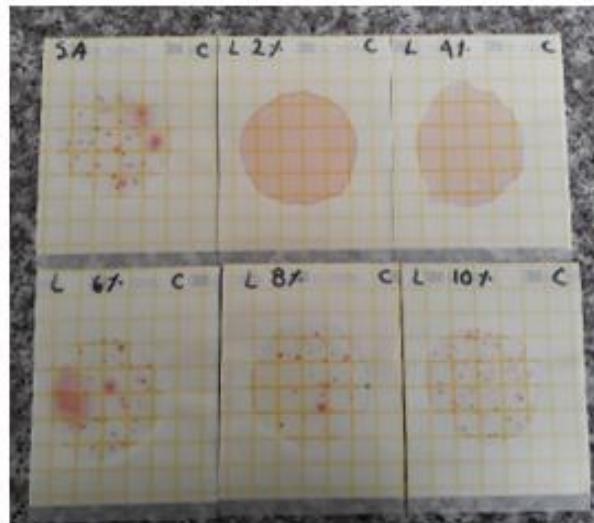
C. Contar el número de
Colonias formadas.

Anexo 8. Desarrollo del cultivo en las placas Petrifilm.

Fuente: (Bautista, 2021)



A. Colonias formadas en muestras con acabado



B. Colonias formadas en muestras lavadas

Anexo 9. Análisis y obtención de datos de UFC.

Fuente: (Bautista, 2021)

PROCESO DE SOLIDEZ AL LAVADO:



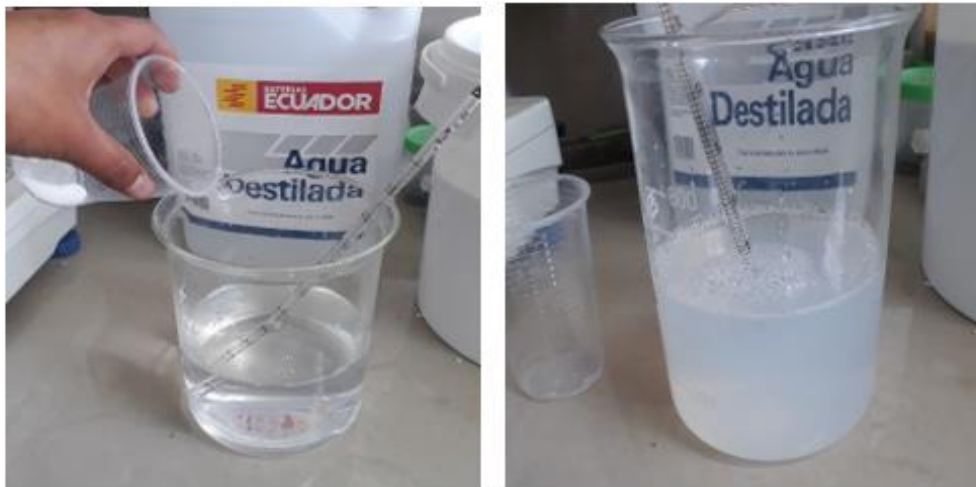
A. Detergente en polvo

B. Detergente liquido

C. Agua destilada

Anexo 10. Pesar productos para la prueba de solidez al lavado.

Fuente: (Bautista, 2021)



A. Añadir productos en el vaso de precipitación

B. mezcla de productos

Anexo 11. Mezclar productos en vaso de precipitación.

Fuente: (Bautista, 2021)



A. Colocar mezcla de los productos



B. colocar balitas de acero



C. Colocar las muestras en los vasos de la máquina autoclave

Anexo 12. Preparar las muestras en los vasos de la autoclave.

Fuente: (Bautista, 2021)



A. Colocar los vaso en la máquina autoclave



B. Programar la temperatura y el tiempo autoclave

Anexo 13. Colocar los vasos y programar la máquina.

Fuente: (Bautista, 2021)



Anexo 14. Retirar los vasos de la autoclave.

Fuente: (Bautista, 2021)



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



Ibarra, 22 de octubre del 2021

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 BAUTISTA FONTE CYNTHIA GISSELA, portadora de la cédula de ciudadanía N° 1004465769, ha realizado ensayos de laboratorio referentes al Proyecto de Tesis de grado titulado "APLICACIÓN DE UN ACABADO CON LIGNINA DE BAMBÚ (ANGUSTIFOLIA) MEDIANTE EL MÉTODO DE AGOTAMIENTO EN TEJIDO JERSEY 100% POLIÉSTER PARA DETERMINAR SU PROPIEDAD ANTIBACTERIANA.", los equipos utilizados en el laboratorio son:

- AUTOCLAVE IR DYER. - Utilizado para el desarrollo de la parte práctica del proyecto de titulación, además del uso de la Norma AATCC método 61- 2013-Resistencia al lavado de color: Acelerado Test 3A (Adaptado)
- HORNO DE SECADO
- BALANZA ELECTRÓNICA

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

Atentamente:



ING. GUALOTO FAUSTO M.

RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE PROCESOS TEXTILES – CTEX

Anexo 15. Certificado de laboratorio CTEX

Fuente: (Bautista, 2021)



UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
*Universidad Acreditada Resolución 002-CONEA-2010-129-DC.
Resolución No. 001-073 CEAACES-2013-13*

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

C E R T I F I C A

Que la señorita Bautista Fonte Cynthia Gissela con cédula Nro. 1004465769, estudiante de la Carrera de Textil realizó análisis microbiológicos de muestras textiles, en el laboratorio de Análisis Físico Químico y Microbiológico de la Carrera de Agroindustria bajo el acompañamiento del Ing. Daniel Ruiz Técnico Docente de la Carrera

Ibarra, 12 de agosto del 2021

Lo Certifica,



Ing. Rosario Espín MSc.
COORDINADORA DE CARRERA

Anexo 16. Certificado de ensayos antibacteriales.

Fuente: (Bautista, 2021)