



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE TEXTILES

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERA TEXTIL**

**“APLICACIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO Y ÁCIDO FOSFÓRICO PARA
LA CARBONIZACIÓN DE LANA DE OVEJA ”**



AUTOR: Aracely Gabriela Anrrango Caranqui

DIRECTOR: MSc. Willam Ricardo Esparza Encalada

Ibarra-Ecuador

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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 a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100428646-2		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Aracely Gabriela Anrrango Caranqui		
DIRECCIÓN:	Jorge Regalado y Bolívar Vinueza, Atuntaqui, Imbabura		
EMAIL:	aganrrangoc@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	2530818	TELF. MÓVIL	0992178049

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“Aplicación de sulfato de aluminio y ácido fosfórico para la carbonización de lana de oveja”
AUTOR(ES):	Aracely Gabriela Anrrango Caranqui
FECHA: AAAAMMDD:	2025-02-16
CARRERA/PROGRAMA	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Textil
DIRECTOR :	MSc. Willam Ricardo Esparza Encalada

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 esta saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 9 días del mes de abril de 2025

EI AUTOR

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Aracely Gabriela Anrrango Caranqui', written over a horizontal line.

Aracely Gabriela Anrrango Caranqui

**CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
CURRICULAR**

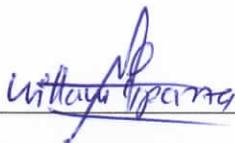
Ibarra, a los 9 días del mes de abril de 2025

MSc. Willam Ricardo Esparza Encalada

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

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



MSc. Willam Ricardo Esparza Encalada

C.C: 100158901-7

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado de Trabajo de Integración Curricular “Aplicación de sulfato de aluminio y ácido fosfórico para la carbonización de lana de oveja” elaborado por Aracely Gabriela Anrrango Caranqui, previo a la obtención del título de Ingeniera Textil, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:



Director

MSc. Willam Ricardo Esparza Encalada

C.C: 1001589017



Asesor

MSc. Elsa Sulay Mora Muñoz

C.C: 0400900452

DEDICATORIA

El presente proyecto de titulación se lo dedico a mi abuelita María Guerrero que ha sido mi pilar fundamental dándome ánimos para no rendirme en el proceso.

A los que hicieron el papel de padres Rosa y Guido, gracias por tenerme paciencia darme amor siendo para mí un ejemplo de esfuerzo para no rendirme en las situaciones complicadas.

A mis primos Estefanie, Samantha y Sebastián quienes siempre han estado ahí brindándome su cariño y apoyo, confiando en que lograría cumplir mi meta y brindarme alegría en los momentos que parecía que me derrumbaba. los Amo mucho.

Aracely Gabriela Anrrango Caranqui

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios por darme salud y guiarme en este camino universitario para llegar al objetivo.

A mi madrina y tías las cuales me apoyaron para lograr recorrer el camino académico y así culminarlo con éxito.

También a Wendy G, Yadira D , David T ,quienes siempre han estado en mis momentos más vulnerables y han sido parte de este largo camino. De igual forma a Erika F , Shirley Ch que me han brindado palabras de aliento día a día.

Finalmente, quiero agradecer al MSc. Willam Esparza y a la MSc. Elsa Mora por guiarme en este proyecto de titulación.

Aracely Gabriela Anrrango Caranqui

RESUMEN

El propósito de realizar esta investigación es indagar la posibilidad del uso del sulfato de aluminio, ácido fosfórico y ácido tartárico como alternativas para realizar de carbonizado de la lana, tratando de sustituir al ácido sulfúrico con el que se realiza este proceso. En donde se evaluaron las propiedades químicas importantes que tiene cada uno de estos químicos, con la intención de determinar qué tan efectivos son.

Este proceso inicio con la separación de muestras con un peso de 50 g cada una, con las dosificaciones de sulfato de aluminio (17%) y ácido fosfórico (17%,) que fueron las dosificaciones preliminares para carbonizar la lana. Se realizaron las dosificaciones de sulfato de aluminio (17%,10%,5%,1%) y ácido tartárico (5%,15%,20%,35%), con un total de cinco muestras las que, en el proceso, se llevó un control del pH de cada una de las muestras se mantuvieron en un pH ácido lo que demostraba que se podría obtener un carbonizado. Se evaluó los grados Baumé de cada una de las soluciones de químicos para evaluar la densidad y concentraciones. Se sumergieron tres muestras en cada una de las soluciones anteriormente dadas. Se escurrió para eliminar el exceso de agua. Una vez que estas secaron bien al sol, se procede a pasar por el túnel de secado a 105°C dos veces a una velocidad de 0.8 m/s. Concluyendo que la M2_SA_AT es la mejor para el proceso de carbonizado de lana de oveja.

Palabras clave: ácido fosfórico, ácido tartárico, carbonizado, lana, sulfato de aluminio

ABSTRACT

The purpose of this research is to investigate the possibility of using aluminum sulfate, phosphoric acid and tartaric acid as alternatives for the carbonization of wool, trying to replace the sulfuric acid used in this process. The important chemical properties of each of these chemicals were evaluated in order to determine how effective they are.

This process began with the separation of samples weighing 50 g each, with the dosages of aluminum sulfate (17%) and phosphoric acid (17%), which were the preliminary dosages to carbonize the wool. The dosages of aluminum sulfate (17%,10%,5%,1%) and tartaric acid (5%,15%,20%,35%) were carried out, with a total of five samples which, in the process, a control of the pH of each of the samples was kept at an acid pH, which showed that a carbonized product could be obtained.

The Baumé degrees of each of the chemical solutions were evaluated to assess the density and concentrations. Three samples were immersed in each of the above solutions. They were drained to remove excess water. Once these dried well in the sun, we continued to stop through the drying tunnel at 105°C twice at a speed of 0.8 m/s. Concluding that M2_SA_AT is the best for the sheep wool carbonization process.

Keywords: wool, carbonized, phosphoric acid, aluminum sulphate, tartaric acid

LISTA DE SIGLAS

Wo: Lana

C: Carbonizado

AF: Ácido fosfórico

SA: Sulfato de aluminio

AT: Ácido tartárico

UTN: Universidad Técnica del Norte

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	15
Problema de investigación	15
Objetivos	16
Objetivo General	16
Objetivos Específicos	16
CAPÍTULO I.....	18
MARCO TEÓRICO.....	18
1.2. Marco Legal.....	22
CAPITULO II	25
METODOLOGÍA	25
2.1. Tipos de investigación.....	25
2.2. Enfoque de la investigación	25
2.2.2. Investigación Experimental.....	26
2.2.3. Investigación Analítica.....	26
2.3. Flujogramas.....	27
2.3.1. Flujograma general de carbonizado de lana de oveja	27
2.4. Equipos y materiales	30
2.4.1. Túnel de secado	30
2.4.2. Elementos para el proceso de laboratorio	30
2.4.3. Aerómetro.....	31
2.4.5. Sulfato de aluminio	33
2.4.7. Ácido Tartárico.....	35
2.5. Normas	35
2.5.1. Normas INEN 145 (Método de secado).....	35
2.6. Métodos.....	36

2.6.1. Proceso de carbonizado de lana de oveja	36
2.6.2. Mezcla de sulfato de aluminio y ácido fosfórico	36
2.6.3. Carbonizado de lana de oveja	38
CAPÍTULO III	39
3.1 Resultado y discusión de resultados.....	39
3.2. Resultados	39
3.2.1. Tabla de resultados de carbonizado de lana	39
3.3 Análisis de confiabilidad de los datos	41
3.3.1 Normalidad de datos del proceso de carbonizado.....	41
3.3.2 Análisis de varianza del carbonizado de lana de oveja	41
3.3.3. Discusión de resultados.....	42
CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES.....	45
Conclusiones	45
Recomendación	47
Referencia Bibliografía	48
ANEXOS	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Elemento de laboratorio	31
Tabla 2 Características del Sulfato de Aluminio	33
Tabla 3 Característica de ácido fosfórico (cita).....	34
Tabla 4 Características del ácido tartárico.....	35
Tabla 5 Dosificaciones de Carbonizado de Lana	37
Tabla 6 Resultados de ácidos y densidad.....	37
Tabla 7 Resultados de valoración.....	40
Tabla 8 Resultados coloración.....	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Flujograma general de carbonizado de lana	27
Figura 2	Flujograma muestral	29
Figura 3	Túnel de secado	30
Figura 4	Aerómetro "PROTÓN"	31
Figura 5	Lana de oveja.....	32
Figura 6	Sulfato de aluminio.....	33
Figura 7	Ácido fosfórico	34
Figura 8	Ácido Tartárico	35
Figura 9	Normalidad de datos	41
Figura 10	Análisis de varianza	42
Figura 11	Diagrama de barras de la tabla general de resultados	43

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Ficha Técnica de Sulfato de Aluminio	50
Anexo 2	Ficha Técnica de Ácido Fosfórico	51
Anexo 3	Ficha Técnica de Ácido Tartárico.....	52

INTRODUCCIÓN

Problema de investigación

En las plantas textiles dedicadas a la utilización de la fibra de lana, por lo general reciben el material en estado crudo, mismo que puede contener impurezas, aceites naturales y suciedad. Por esta razón, se debe realizar varios procesos para garantizar una lana de oveja lista para su uso en la fabricación de tejidos y otros productos derivados (Flores, 2011).

Hay que considerar que antes de proceder, es necesario llevar a cabo un proceso de carbonización con el fin de eliminar las impurezas de origen vegetal. En este proceso, se emplea ácido sulfúrico en concentraciones bajas con el propósito de eliminar el material vegetal, garantizando simultáneamente la preservación de la integridad de las fibras. Es imprescindible tener en consideración que la manipulación del ácido sulfúrico se requiere licencias y permisos específicos para su adquisición, almacenamiento y manejo, dada que es un producto altamente peligroso y corrosivo (Yar, 2019).

Además, es importante destacar que se trata de un producto sujeto a vigilancia y control a cargo de la secretaria de regulación y control de drogas de Ecuador. Desde este contexto, se plantea el siguiente tema de investigación “Aplicación de sulfato de aluminio y ácido fosfórico para la carbonización de lana de oveja”, con el fin de optimizar el proceso de carbonizado mediante el uso de productos sustituidos, como son el sulfato de aluminio y ácido fosfórico (Potosí, 2023).

El ácido sulfúrico se emplea en el proceso de carbonizado debido a su capacidad para mejorar la absorción de colorantes en la lana, mientras que el sulfato de aluminio desempeña un papel esencial en la neutralización de las sustancias alcalinas presentes en la fibra, optimizando así al producto al ajustar su pH. Ambos compuestos son capaces de acidificar el entorno, lo cual da resultados favorables en la descomposición de residuos vegetales durante el proceso de carbonizado de lana (Zuñiga, 2011).

Sin embargo, es fundamental destacar que el ácido sulfúrico es altamente corrosivo y fuerte, aunque el sulfato de aluminio no es un ácido en sí mismo, puede alcanzar un efecto similar en el proceso de carbonizado cuando se utiliza en altas concentraciones (Potosí, 2023).

Tanto el ácido fosfórico como el sulfato de aluminio desempeñan funciones distintas de manera independiente, ya que cuentan con propiedades químicas únicas. Por otro lado, el ácido fosfórico se emplea para ajustar de manera eficaz el pH de la solución (Potosí, 2023).

Justificación

El objetivo de este estudio consiste en realizar un óptimo proceso de carbonizado de lana mediante la sustitución de utilización de ácido sulfúrico con una combinación de ácido fosfórico y sulfato de aluminio. El proceso de carbonizado se aplica a la lana con el fin de eliminar los componentes orgánicos de la fibra y así obtener carbono de alta pureza. Esta técnica se emplea principalmente en la fabricación de fibras de carbono, que son materiales compuestos reconocidos por su extraordinaria resistencia y ligereza.

Esta investigación práctica busca abordar aspectos tanto económicos, los retos que afronta las empresas textiles dedicadas a la producción de tejidos de lana es la disponibilidad limitada del ácido sulfúrico en el mercado, lo que complica la realización del proceso. Por lo tanto, este estudio implica la exploración de información, métodos y técnicas para la aplicación del ácido fosfórico y sulfato de aluminio en la lana, con el objetivo de lograr resultados similares a los obtenidos mediante el uso de ácido sulfúrico.

Objetivos

Objetivo General

Aplicar sulfato de aluminio y ácidos fosfórico para el carbonizado de lana de oveja.

Objetivos Específicos

- Realizar una revisión de la literatura científica, incluyendo libros, revistas y artículos especializados, con el fin de investigar y recopilar información relevante sobre las propiedades y aplicaciones del sulfato de aluminio y el ácido fosfórico en el carbonizado de lana de oveja.

- Desarrollar pruebas utilizando diversas concentraciones de sulfato de aluminio y ácido fosfórico con el propósito de determinar la concentración óptima requerida en el proceso de carbonización de la lana, así obtener datos de laboratorio que sirvan en el análisis de resultados.
- Analizar los resultados experimentales obtenidos en el laboratorio para realizar una comparativa entre diferentes concentraciones, y determinar la eficacia del sulfato de aluminio y el ácido fosfórico en la carbonización de la lana.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Estudios previos

A continuación, se presenta diferente documentación la cual fue recopilada de diferentes fuentes fiables con la finalidad de analizar y profundizar el tema a estudiar.

1.1.1. Carbonizado de lana de oveja

El término carbonizado se refiere a un proceso químico destinado a eliminar los residuos de materias celulósicas que se encuentran como impurezas junto con la lana. Este procedimiento implica tratar tejidos e hilos de lana con ácido sulfúrico, con el fin de eliminar la materia vegetal presente en la tela. Este tratamiento también se aplica a la lana regenerada para eliminar cualquier rastro de celulosa que pudo haber estado presente en el tejido original (Pérez, 2022).

Para llevar a cabo este proceso, se sumerge la lana en los ácidos minerales fuertes o sales para proporcionen estos ácidos. Posteriormente, se deja secar para luego exponerla a una temperatura entre los 105 y 115 grados Celsius. Esto provoca que las partes vegetales encontradas en la lana se deshidratan, y así se logra un buen carbonizado. A su vez esta genera ciertos efectos químicos en la lana, las cuales deben ser controladas para asegurar que no afecten la calidad de las fibras (Pérez, 2022).

El nivel de ácido sulfúrico presente en los baños de carbonizado influye directamente en el incremento de la capacidad de solubilidad alcalina de la lana, lo cual señala la descomposición de las cadenas peptídicas. La resistencia de la fibra no experimenta una alteración significativa si la concentración de ácido se mantiene entre 4-5 grados Baume. La

inclusión de un agente humectante no iónico en el proceso de carbonizado resulta en un efecto protector que disminuye el deterioro de la fibra (Carrillo y Salgado, 2017).

Cuando la materia prima entra completamente seca al proceso de carbonizado, se ocasiona una menor pérdida de resistencia en la fibra. La temperatura durante el carbonizado no ocasiona cambios significativos en la resistencia de la fibra si se mantienen por debajo de los 120-130 grados Celsius en el transcurso de 3 minutos. Sin embargo, la variación en la temperatura de carbonizado impacta a la similitud de los colorantes durante el proceso de tintura (Pérez, 2022).

La lana sometida al proceso de carbonización presenta una capacidad reducida para absorber los colorantes aniónicos, lo que conlleva a tinturas menos intensas en comparación con la lana que no ha pasado por este proceso en condiciones idénticas. Se puede inferir que si la carbonización no es uniforme (ocurre acumulación de ácido), las tinturas resultarán desiguales (Pérez, 2022).

Las disparidades serán más notables con colorantes ácidos que se usan en baños neutros o levemente ácidos; incluso los colorantes ácidos de buena uniformidad se ven afectados por las irregularidades en la carbonización. En cambio, los colorantes premetalizados muestran menor influencia (tiñen en baños con 6-8% de ácido sulfúrico). Las desigualdades en la carbonización se evidencian notablemente con los colorantes básicos, los cuales producen tinturas más oscuras en lana altamente carbonizada (Carrillo y Salgado, 2017).

1.1.2. Sulfato de aluminio

El sulfato de aluminio aporta múltiples atributos a la lana, es esencial considerar que los efectos y atributos del sulfato de aluminio en la lana pueden variar dependiendo de la concentración utilizada, el proceso de fabricación específico y otros aditivos o tratamientos adicionales aplicados en el proceso en la industria textil (Arévalo, 2019).

Según (Arévalo, 2019), algunos de las propiedades que tiene el sulfato de aluminio son:

- **Función carbonizadora:** En el ámbito textil, se emplea el sulfato de aluminio como parte del proceso de carbonización en la lana. Este procedimiento ayuda a eliminar impurezas de origen vegetal y celulósico presentes en las fibras de

lana, lo que mejora la calidad y pureza del material utilizado en la confección de textiles.

- Acción fijadora en el teñido: Durante la tintura de la lana, el sulfato de aluminio puede actuar como un mordiente o fijador de colorantes. Esto potencia la afinidad de la lana hacia los tintes, resultando en una mayor adhesión de los colores a las fibras, lo que genera tonalidades más intensas y duraderas.
- Afectación en la afinidad a los colorantes: En el proceso de teñido de la lana, el sulfato de aluminio influye en la predisposición de la fibra hacia ciertos tipos de colorantes, como los aniónicos o ácidos, impactando así en la viveza y uniformidad de los colores obtenidos.
- Mejora en resistencia y durabilidad: La utilización del sulfato de aluminio en el proceso puede contribuir a mejorar la resistencia y durabilidad de las fibras de lana, lo cual indica un resultado de buena calidad.
- Control en procesos textiles: En aplicaciones textiles, el sulfato de aluminio puede formar parte de un control de procesos para garantizar la eliminación de impurezas y lograr uniformidad en la calidad de los productos textiles.

Son la característica más sobresaliente.

1.1.3. Ácido Fosfórico

Según (Bugaders, 2020) el ácido fosfórico tiene aplicaciones en la industria textil que aportan beneficios a la lana en procesos específicos, aunque no se emplea para la carbonización de esta. Algunas de estas funciones en relación con la lana en la industria textil incluyen:

- Regulación del pH: Se usa para ajustar y mantener el pH en baños de teñido, blanqueo u otros tratamientos de la lana. Esto favorece la adhesión efectiva de colorantes y controla reacciones químicas durante los procesos textiles
- Agente de fosfatado: En ciertas aplicaciones, actúa como un agente fosfatado en el tratamiento de la lana, mejorando su afinidad hacia ciertos colorantes y productos químicos utilizados en teñido y acabado
- Neutralización de alcalinidad: Después de tratamientos alcalinos previos, se emplea para neutralizar la alcalinidad restante en la lana, preparándola para procesos posteriores como teñido o acabado, que requieren un pH específico

- Control de Procesos: Forma parte del control en procesos textiles para asegurar condiciones óptimas durante distintas etapas de producción de tejidos de lana
- Reducción de olores: En ciertas condiciones, puede contribuir a disminuir o neutralizar olores no deseados en la lana durante los procesos textiles, mejorando su calidad

En el proceso de “carbonizado”, la lana tiene que ser tratada con ácido diluido, se toma en cuenta el pick-up el cual sería de un 65%. La temperatura adecuada para su secado es de 65-90 °C dando como resultado una buena concentración de ácido. Después se realiza un choque térmico por 1 minuto para lograr el carbonizado de la materia vegetal. Para terminar el proceso se pasa la lana entre dos rodillos con la presión adecuada, eliminando así los restos vegetales logrando que sea más fácil el lavado. (Carrillo y Salgado, 2017)

1.1.4. Ácido Tartárico

Se trata de un ácido natural que se presenta en forma de polvo cristalino y suele encontrarse comúnmente en frutas como la uva, el tamarindo y algunas cítricas. Su aplicación abarca funciones de antioxidante, fortificante y estabilizador de sabores en diversas industrias, como la farmacéutica, alimentaria, textil y cosmética (Molina, 2017).

En la industria alimentaria, se utiliza ampliamente como agente de fermentación, antioxidante, regulador de pH y aromatizante, contribuyendo a la diversidad de sabores en productos como refrescos, gelatinas y mermeladas, entre otros. Según (Molina, 2017) este ácido tartárico ha recibido la aprobación de la Food and Drug Administration (FDA) y la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria como un ingrediente seguro.

En el proceso de carbonizado de la lana, el ácido tartárico desempeña un papel esencial al actuar como regulador de pH y estabilizador de color. Su capacidad para mantener un pH controlado resulta crucial, ya que crea condiciones óptimas para la descomposición de la materia vegetal presente en las fibras de lana sin comprometer la integridad de la fibra misma (Riva, 2022).

Además, el ácido tartárico contribuye a preservar la solidez del color, particularmente relevante si la lana ha sido previamente teñida, evitando desvanecimientos indeseados durante el proceso de carbonización. Además, su presencia puede reducir la formación de pilling en las fibras, mejorando la calidad general del material. Al conferir suavidad a las fibras de lana, el ácido tartárico no solo facilita el manejo durante el proceso de carbonizado, sino que también

contribuye a obtener fibras de lana tratadas que mantienen una textura agradable y suave tras el proceso (Riva, 2022).

1.2. Marco Legal

1.2.1. Constitución de la Republica del Ecuador

De acuerdo con la Constitución de la República del Ecuador alude a los siguientes artículos que hacen referencia al medio ambiente (Martínez et al., 2011).

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

Art. 83.- Literal 6 manifiesta: Respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible (CRE, 2011, p. 33,41).

1.2.2. Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte

La investigación actual se encuentra vinculada a las áreas de investigación de la Universidad Técnica del Norte y específicamente a la Carrera de Textiles, las cuales se detallan a continuación: Línea nueve

- Gestión, producción, productividad, innovación y desarrollo socioeconómico.

1.3. Marco Conceptual

1.3.1. Carbonizado de lana de oveja

El carbonizado es un proceso destinado a eliminar las impurezas de materia celulósica que se encuentran como residuos acompañando a la lana, utilizando medios químicos. Esta técnica implica impregnar la lana con ácidos minerales fuertes o sales capaces de generar dichos ácidos. Posteriormente, se seca la lana y se somete a temperaturas entre 105 y 115 grados Celsius, lo que deshidrata los ácidos, causando así la carbonización de las partículas vegetales (Bugaders, 2020).

Durante este proceso, ocurren reacciones químicas en la lana, las cuales deben ser cuidadosamente controladas para evitar que afecten la calidad de la fibra. Los agentes deshidratantes utilizados incluyen ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, sulfato ácido de sodio, cloruro aluminico o cloruro magnésico, siendo el ácido sulfúrico el agente más comúnmente empleado (Bugaders, 2020).

1.3.2. Sulfato de aluminio

El sulfato de aluminio es un compuesto ampliamente utilizado en la industria textil por diversas razones. En primer lugar, se emplea como agente floculante en el tratamiento previo de aguas residuales textiles, desempeñando un papel importante en la eliminación de impurezas y en la mejora de la clarificación del agua antes de su descarga. Además, destaca su función como mordiente o fijador durante el proceso de tintura, potenciando la afinidad de las fibras textiles con los colorantes, lo que garantiza una mayor adherencia y durabilidad del color en materiales como la lana y el algodón (S D, 2011).

Otro uso relevante del sulfato de aluminio en la industria textil es su aplicación en el tratamiento de aguas residuales generadas durante los procesos textiles. Este compuesto se emplea para eliminar componentes indeseables, tales como compuestos orgánicos e iones metálicos, contribuyendo así a mejorar la calidad del agua antes de su liberación al medio ambiente (Ospina, 2020).

Asimismo, en determinadas circunstancias, se utiliza como agente en los acabados textiles para mejorar la solidez del color y la resistencia al desgaste en los tejidos. En conjunto, el sulfato de aluminio desempeña un rol fundamental en la calidad y acabados en los materiales textiles, influyendo de manera significativa en el proceso de tratamiento de aguas, en la fijación de colorantes y en aspectos específicos de los acabados textiles en esta industria (S D, 2011).

1.3.3. Ácido fosfórico

El ácido fosfórico desempeña un rol multidimensional dentro del contexto textil gracias a su versatilidad y propiedades únicas. Su aplicación abarca diversas áreas fundamentales en la producción textil. En primer lugar, su capacidad para regular y mantener el pH es vital en numerosos procesos, desde el teñido hasta el acabado de los tejidos. Este control preciso del pH es esencial para garantizar reacciones químicas óptimas, proporcionando condiciones idóneas en cada etapa del proceso textil (Ácidos y Solventes, 2019).

Además, el ácido fosfórico actúa como agente fosfatado, mejorando la afinidad de las fibras textiles, como la lana, con los colorantes y productos químicos empleados en el teñido y acabado. Asimismo, tras tratamientos alcalinos, su papel en la neutralización de la alcalinidad remanente en las fibras es crucial. Esta neutralización específica del pH residual es una preparación esencial para los procesos posteriores, como el teñido, donde condiciones precisas son imprescindibles (Duarte, 2016).

Por otra parte, su aplicación en el control de procesos y acabados textiles contribuyen significativamente a mejorar propiedades como la solidez del color y la resistencia a la abrasión, asegurando así la obtención de productos textiles de alta calidad. Estas variadas aplicaciones subrayan la importancia estratégica del ácido fosfórico en la industria textil, siendo un componente esencial para garantizar procesos controlados y productos finales de alto rendimiento (Duarte, 2016).

1.3.4. Ácido Tartárico

El ácido tartárico, un compuesto orgánico presente de forma natural en plantas como las uvas, constituye un ácido dicarboxílico con la fórmula química $C_4H_6O_6$. Este ácido se encuentra no solo en uvas, sino también en diversas frutas como cerezas y tamarindos. Su solubilidad en agua y su característico sabor ácido definen sus propiedades químicas, manifestándose en su forma no ionizada como un polvo blanco cristalino (Potosí, 2023).

En la industria química, el ácido tartárico se emplea en diversas síntesis químicas y en la preparación de sales, como el bitartrato de potasio. Aunque no es común en la industria textil, también se puede utilizar en el tratamiento de tejidos para mejorar propiedades específicas (Potosí, 2023).

CAPITULO II

METODOLOGÍA

2.1. Tipos de investigación

Por lo general, se reconocen dos perspectivas principales.

La cuantitativa busca cuantificar datos mediante análisis estadísticos para obtener resultados precisos y replicables. En cambio, la cualitativa explora experiencias y percepciones, proporcionando una comprensión profunda y detallada de fenómenos complejos desde una perspectiva subjetiva y contextual (Pita y S, 2002).

2.2. Enfoque de la investigación

De acuerdo con (Neill y Cortez, 2018) este tipo de investigación nos brinda información fundamental y seleccionar el modelo más adecuado para comprender la realidad de forma objetiva. A través de esta metodología, los datos se recolectan y analizan mediante conceptos y variables medibles. Se trata de un enfoque estructurado en el que los datos son obtenidos de diversas fuentes y procesados con diferentes herramientas, lo que facilita la obtención de resultados precisos.

2.2.1. Investigación bibliográfica

Según (Matos, 2020) la investigación bibliográfica o documental involucra examinar material bibliográfico que aporte de manera positiva con el estudio.

Es uno de los procesos más importantes es la investigación, ya que implica la selección cuidadosa de material informativo con la que identifico los diferentes procesos a aplicar del

carbonizado de lana, donde se utilizó los productos como son: Ácido fosfórico, sulfato de aluminio y ácido tartárico. A temperatura entre 100 y 120°C con un tiempo de 20 min.

2.2.2. Investigación Experimental

La investigación experimental ayuda a realizar diferentes variables con el fin de examinar cómo afectan a una variable dependiente. Su objetivo principal es establecer relaciones de causa y efecto a través de la manipulación controlada de factores, seguida de la medición y análisis de los resultados obtenidos (Ruiz, 2022).

Aplicando los parámetros de tiempo, temperatura, concentración, control de pH, con los que se utilizó para el proceso experimental con el que se obtuvo resultados de carbonizado de lana. Está conformada por un conjunto de actividades metódicas y técnicas las cuales ayudan a recopilar información y datos que son requeridos para investigar y resolver los problemas (Landro, 2021).

Así mismo existen la investigación no experimental la cual no tiene una investigación variable independiente, en este tipo de investigación solo se requiere observar y así lograr obtener información. Son dos análisis diferentes en la cual la experimental mantiene sus resultados constantes mientras que la no experimental al momento de realizar la investigación, durante y al finalizar. Con el objetivo de no controlar ni manipular ninguno de los resultados para su interpretación (Landro, 2021).

2.2.3. Investigación Analítica

De acuerdo con (Abreu, 2015) indica que:

La investigación analítica se centra en desglosar un fenómeno con el fin de entender sus elementos esenciales. Emplea métodos de análisis detallado para estudiar cada componente por separado y descubrir relaciones o patrones subyacentes. Su objetivo principal es ayudar a entender sobre el tema examinado al conocer y evaluar minuciosamente sus partes constituyentes.

En el que se realizó un análisis de la variables y parámetros utilizados comparando la lana antes y después del carbonizado con los productos químicos manipulados como son ácido fosfórico, sulfato de aluminio y ácido tartárico frente al proceso convencional utilizando ácido sulfúrico.

Sin embargo, este está en la división de varios separando por partes o elementos para observar las causas naturales y sus efectos. Así mismo, hace un análisis de la observación y algunos hechos en particular (Hernández, 2017).

Por otra parte, se tienen diferentes subgrupos los cuales están compuestos por individuos u objetos con la finalidad de asociar las similitudes que tienen las muestras presentadas. Considerando que en este análisis se puede descubrir variables que son de diferentes propuestas (Rodríguez, 2017).

2.3. Flujogramas

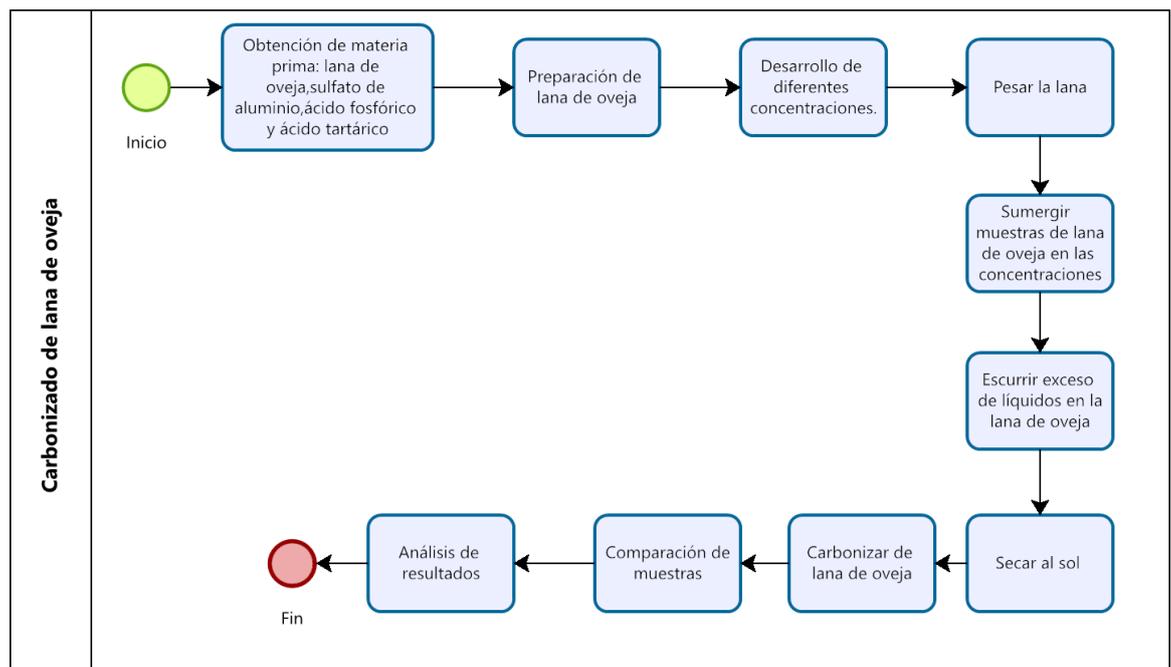
2.3.1. Flujograma general de carbonizado de lana de oveja

En la El cual ayuda a prestar una visión estructurada del carbonizado, asegurando un proceso adecuado en la lana.

Figura 1 se indica, el proceso general de carbonizado de lana de oveja que se presenta a continuación ilustra los subprocessos generales del proyecto de investigación en el que se desarrolló y los resultados. El cual ayuda a prestar una visión estructurada del carbonizado, asegurando un proceso adecuado en la lana.

Figura 1

Flujograma general de carbonizado de lana de oveja

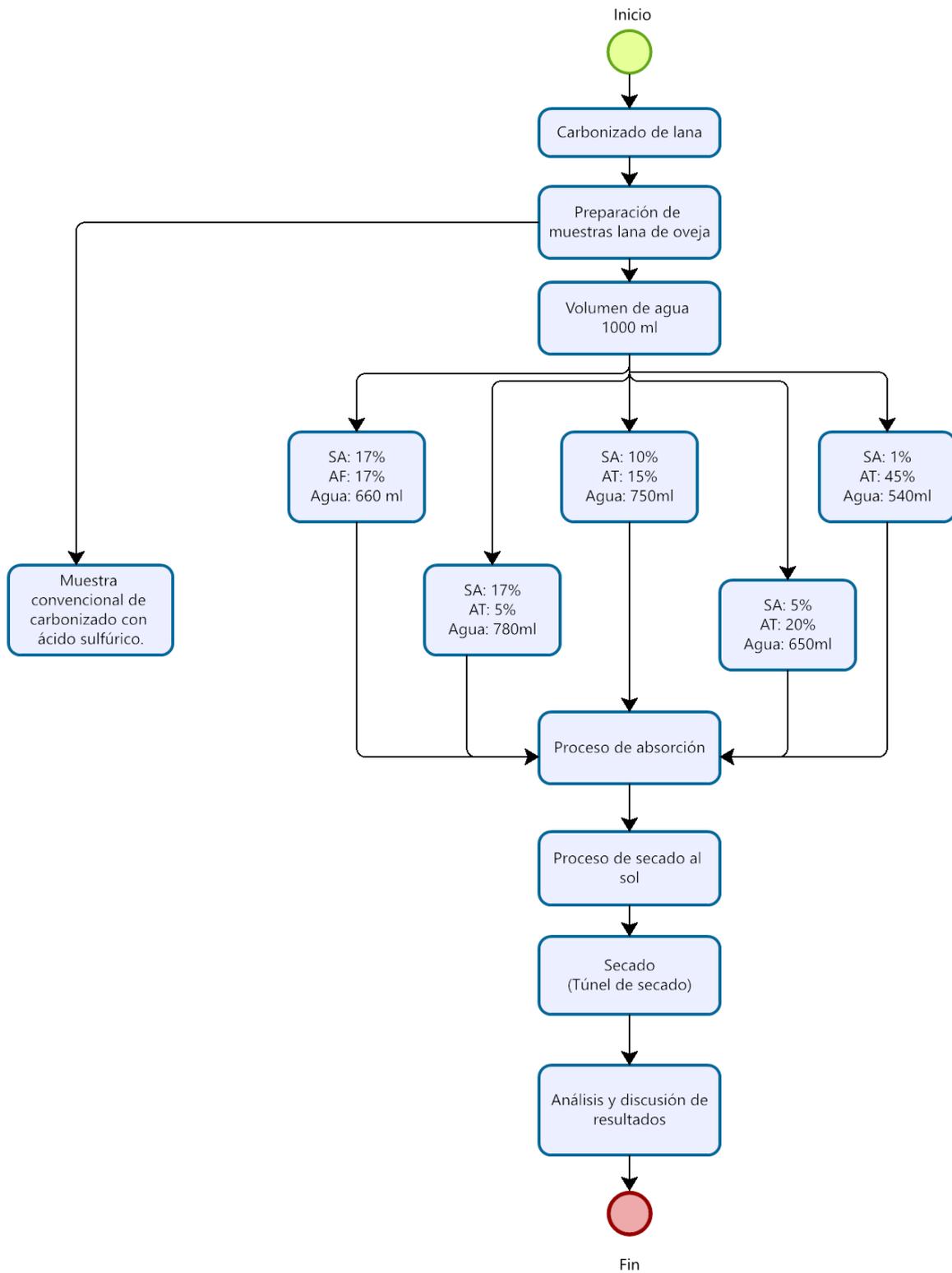


2.3.2. Flujograma muestral carbonizado de lana

En la , así como también las concentraciones correspondientes de los productos a utilizar para la verificación de su eficacia en el proceso de carbonizado.

Figura 2, se encuentran descritos los compuestos químicos utilizados, , así como también las concentraciones correspondientes de los productos a utilizar para la verificación de su eficacia en el proceso de carbonizado.

Figura 2
Flujograma muestral



2.4. Equipos y materiales

En el proceso se emplearon diversos materiales y equipos que ayudaron a la ejecución y la obtención del resultado final. Se llevaron a cabo análisis exhaustivos utilizando los equipos específicos del laboratorio, y para ello, se emplearon los siguientes:

2.4.1. Túnel de secado

Es una instalación especializada diseñada para secar tejidos y prendas de vestir de manera eficiente y controlada. Este tipo de túnel se maneja en la industria para eliminar la humedad de los textiles después de procesos el lavado, el teñido o el estampado (Yandún, 2023).

Figura 3

Túnel de secado



El túnel de secado cuenta un motor de 220v, es apto para un dar un desempeño de alta calidad en la industria. Tiene un sistema de banda transportadora de una longitud de 2.50m, con una estructura de 1.10m de altura y 10 m de ancho.

La velocidad a la que trabaja esta máquina es de 0 a 15 m/s lo cual permite establecer la velocidad a la requerida para el proceso que se desee realizar. Además, alcanza una temperatura de 300°C, asegurando un desempeño optimo en el proceso.

2.4.2. Elementos para el proceso de laboratorio

En el desarrollo de la investigación, se emplearon distintos equipos, materiales y recursos que posibilitaron la ejecución del proyecto. Estos elementos fueron fundamentales para llevar a cabo el proceso de carbonización de lana, y se acoplaron según los parámetros detallados en la **Tabla 1**

Tabla 1

Elemento de laboratorio

Materiales	Características
Vaso de precipitación	500 ml
Agitador	Vidrio
Papel pH	Papel
Balanza analítica	Digital

2.4.3. Aerómetro

Son tubos de vidrio que en su parte inferior un diseño especial con dos áreas ensanchadas. La sección superior está vacía, mientras que la inferior es más pequeña y contiene un peso de mercurio, lo que asegura que el centro de gravedad quede bajo y el centro de empuje bastante más arriba (Talens, 2020).

Esto permite que el aerómetro permanezca vertical al sumergirse en un líquido. Basándose en el principio de Arquímedes, el aerómetro se hunde hasta que el peso del líquido desplazado equivale al peso del propio instrumento. Los aerómetros cuentan con una escala que facilita la medición de la densidad del líquido cuando el aerómetro alcanza su punto de equilibrio (Talens, 2020).

Figura 4

Aerómetro "PROTÓN"



2.4.4. Lana de oveja

Proveniente del pelaje de las ovejas es reconocida por su suavidad y capacidad de aislamiento térmico, la lana de oveja se utiliza para confeccionar diversas prendas de vestir y textiles. Su obtención implica el esquilado de las ovejas y, posteriormente, se somete a procesos

de limpieza, cardado y, finalmente, hilado para su uso en la fabricación de productos como suéteres, bufandas y mantas (Gómez, 2009).

Figura 5

Lana de oveja



Según (Zuñiga, 2011), la lana de oveja tiene características específicas las cuales son fundamentales para su procedimiento y aplicación en la industria textil:

Propiedades Químicas

- Efecto de álcalis: La queratina, es una de las principales proteínas y muestra una alta sensibilidad a los álcalis. Asimismo, las soluciones que tienen hidróxido de sodio al 5%, a temperatura ambiente obteniendo como resultado la disolución de la lana.
- Efecto de ácidos: Esta presenta una buena resistencia a los ácidos suaves y diluidos; Por otra parte, los ácidos minerales en concentraciones altas ayudan a que la fibra se degrade, las soluciones de ácido sulfúrico diluidos son usados durante el proceso industrial de carbonizado de lana.
- Efectos de solventes orgánicos: Los solventes orgánicos que son utilizados en la limpieza y eliminación de manchas de lana son los más adecuados, ya que no afectan ni deterioran las estructuras de la fibra.

Propiedades Físicas

- Alargamiento: Posee una gran capacidad de elongación antes de que se rompa, alcanzando hasta un 30% de estiramiento sin comprometer la estructura de la fibra.
- Elasticidad: Tiene una estructura molecular helicoidal, lo que ayuda a la fibra en su recuperación de hasta un 99% de su longitud luego de haber sido sometida a deformaciones.

- Higroscopicidad: Es una fibra higroscópica, esta puede absorber hasta un 50% de su peso en agua. Tiene una recuperación de humedad de 13 a 18% bajo las condiciones estándares.
- Flexibilidad: Su alta flexibilidad ayuda a que la fibra no se rompa con facilidad, es considerada cinco veces más flexible que el algodón (2011, p. 22;28).

2.4.5. Sulfato de aluminio

Tiene diferentes características como se muestra en la **Tabla 2**, es una sal inorgánica que se encuentra en forma de polvo o líquido de color crema, obtenida a partir de la alúmina conocida como sulfato de aluminio estándar tipo A.

Figura 6

Sulfato de aluminio



Su pureza se determina exclusivamente por la presencia de este componente, sin otros elementos en el mineral. Este compuesto se utiliza comúnmente en tratamientos de agua, donde neutraliza las cargas negativas de las partículas, facilitando así su separación (Potosí, 2023).

Tabla 2

Características del Sulfato de Aluminio

Producto	Relubquím
Nombre comercial	Sulfato de aluminio
Fórmula	$Al_2 (SO_4)_3$
Apariencia	Granos o polvo
Peso molecular	549.14 g/mol
Densidad	2.67 a 2.71 g/m ³
Soluble en agua	31.2/100ml

Fuente: Adaptado de (Relubquím, 2023)

2.4.6. Ácido fosfórico

Este ácido desempeña un papel fundamental dentro de la industria textil, gracias a su versatilidad y propiedades únicas. Su aplicación abarca diversas áreas fundamentales en la producción textil. Además, su capacidad para regular y mantener el pH es vital en numerosos procesos, desde el teñido hasta el acabado de los tejidos. Este control preciso del pH es esencial para garantizar reacciones químicas óptimas, proporcionando condiciones idóneas en cada etapa del proceso textil (Ácidos y Solventes, 2019).

Figura 7

Ácido fosfórico



En la **Tabla 3** se muestra las características del producto químico a utilizar en el carbonizado de lana.

Tabla 3

Característica de ácido fosfórico.

Producto	Relubquím
Nombre comercial	Ácido fosfórico
Fórmula	H_3PO_4
Apariencia	Líquido
Peso molecular	97.99 g/mol
Olor	Inodoro
Densidad	1.68 g/m ³

Fuente: Adaptado de (Relubquím, 2024a)

2.4.7. Ácido Tartárico

Tiene varias características como se muestra en la **Tabla 4**, se conoce que es un ácido natural el cual se presenta en polvo cristalino, normalmente se encuentra en frutas cítricas. Es aplicado como antioxidante, reforzante y como estabilizador de sabores, se utiliza en diferentes industrias a parte de los textiles (Molina, 2017) .

Figura 8

Ácido Tartárico



Tabla 4

Características del ácido tartárico

Producto	Relubquím
Nombre Comercial	Ácido Tartárico
Fórmula	$C_4H_6O_6$
pH (valor)	1.6
Solución acuosa	100 g/l: 25°C
Apariencia	Polvo cristalino
Peso molecular	150,09g/mol

Fuente: Adaptado de (Relubquím, 2024b)

2.5. Normas

2.5.1. Normas INEN 145 (Método de secado)

El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) se integra en el sistema de calidad de Ecuador y desempeña un papel clave en la normalización, reglamentación, metrología y evaluación de la conformidad. Estas funciones contribuyen a establecer y mejorar los

estándares en diversos procesos. La entidad es objeto de inspección y verificación para asegurar la calidad productiva, al mismo tiempo que impulsa a nivel nacional la importancia de la calidad, enfocándose en el acatamiento obligatorio para el bienestar colectivo de la sociedad, y está vinculada al Ministerio de Industrias y Productividad del Ecuador, en esta norma se trabaja a una temperatura de 105°C (Ecuatoriana, 2018).

2.6. Métodos

2.6.1. Proceso de carbonizado de lana de oveja

En la aplicación del acabado, se utilizó como materia prima lana de oveja. Asimismo, se utilizó la dosificación establecida con referencia a las recetas preliminares.

En el proceso ordinario en donde se usa ácido sulfúrico para el carbonizado de lana, en este proceso se debe tomar en cuenta algunos parámetros como son: concentración, temperatura, tiempo entre otros. En este caso el ácido sulfúrico en frío la destruye (Obando, 2013)

2.6.2. Mezcla de sulfato de aluminio y ácido fosfórico

Para el proceso de acabado se utilizaron un total de 5 probetas, las cuales fueron debidamente codificadas acorde al número de muestra y los reactivos químicos que fueron utilizados, de la siguiente manera:

Nro muestra Siglas de reactivos

↑

M1 _ SA _ AF

Dónde:

SA: Sulfato de aluminio.

AF: Ácido fosfórico.

AT: Ácido Tartárico.

Se va a dar a conocer cuál será la base en el proceso, considerando que la muestra cero será la que se carboniza normalmente con el ácido sulfúrico. Tomando en cuenta los siguientes parámetros .

Las diferentes concentraciones de químicos se determinaran considerando que el volumen total de la mezcla será en relación de 1000 ml, una vez realizado la mezcla de estos, se procede a sumergir las muestras de lana de oveja de 50 gr cada una.

En la ~~¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.~~ se indica cuáles fueron las concentraciones aplicadas a cada una de las muestras.

Tabla 5

Dosificaciones de Carbonizado de Lana

Nro. De Muestra	S.A(%)	AF (%)	AT(%)	Agua (%)
M1_SA_AF	17	17	0	66
M2_SA_AT	17	0	5	78
M3_SA_AT	10	0	15	75
M4_SA_AT	5	0	20	65
M5_SA_AT	1	0	35	54

Los productos químicos que se utilizó son altamente destructivos, por lo que las dosificaciones son realizadas tomando en cuenta diferentes fuentes bibliográficas para obtener un porcentaje de químicos adecuados para el proceso.

En este proceso se consideró dos parámetros importantes como son el pH y la densidad que tiene cada una de las soluciones. Los grados Baume fueron medidos para evaluar que densidad tiene cada una de las soluciones ácidas, por lo que, es importante determinar las concentraciones de los químicos para eliminar de manera satisfactoria los residuos vegetales de la lana.

Tabla 6

Resultados de ácidos y densidad

Nro. De Muestra	Valor pH	° Baumé
M1_SA_AF	0	23 °Bé
M2_SA_AT	1	16°Bé
M3_SA_AT	1	16°Bé
M4_SA_AT	1	16°Bé
M5_SA_AT	1	S/M

2.6.3. Carbonizado de lana de oveja

En el proceso de carbonizado se sumerge la lana en la solución de sulfato de aluminio y ácido fosfórico, posteriormente se coloca la lana en la segunda solución de sulfato de aluminio y ácido tartárico. Para finalizar el acabado se utilizó el túnel de secado a una temperatura de 110°C por 20 min, el procedimiento se detalla a continuación:

1. Pesar el sulfato de aluminio, ácido fosfórico y ácido tartárico.
2. Agregar el sulfato de aluminio en la cantidad de agua indicada en la receta.
3. Pesar las muestras de lana de oveja.
4. A la solución anterior agregarle el ácido fosfórico, agitar hasta que este se disuelva en su totalidad.
5. Medir el pH.
6. Medir la densidad de la solución.
7. Sumergir las muestras de lana hasta que absorban la solución en su totalidad.
8. Sacar las muestras y dejar reposar para eliminar el exceso de agua.
9. Dejar secar la muestra al sol.
10. Una vez seco, pasar por el túnel de secado a una velocidad de 3m/min, durante 20min para lograr carbonizar los restos vegetales.
11. Revisar si la solución realizó correctamente el carbonizado de lana de oveja.
12. Realizar el mismo proceso a partir del punto 4 con la diferencia de que se va a agregar el ácido tartárico reemplazando al ácido fosfórico.

CAPÍTULO III

3.1 Resultado y discusión de resultados

Se presentaran los resultados obtenidos en la investigación cuando los ensayos de cada una de las muestras realizadas en el laboratorio. Por otra parte, los datos recolectados de cada una de las dosificaciones realizadas en el laboratorio, estos datos serán ingresados al programa PAST 4 para llevar a cabo diferentes análisis e identificar las fórmulas indicadas. Por lo cual, se determinó ser las adecuadas para este proceso.

3.2. Resultados

Se dará a conocer los resultados en las siguientes tablas, cada uno de los porcentajes adheridos en cada muestra de lana para su debido proceso, por tal motivo, se llevó a cabo una revisión visual para verificar la eficiencia de las concentraciones químicas utilizadas. En este proceso se resumió los datos obtenidos en los ensayos, dando así, facilidad para interpretar los resultados. Para estas pruebas, se emplearon cinco concentraciones y se trabajó con tres muestras de lana, cada una con un peso de 50g.

3.2.1. Tabla de resultados de carbonizado de lana

Terminada la parte práctica en el laboratorio, se da a conocer los resultados de manera cualitativa que se obtuvo en los ensayos realizados. En la **Tabla 7; Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se detalla el método utilizado para evaluar cada uno de los valores. Esta valoración se determinó de la siguiente manera, 0= nulo, 1= bajo, 2=medio, 3=alto, 4=excelente.

Tabla 7

Resultados de valoración

Nro. De muestra	Mezcla	Valoración
M1_SA_AF	Sulfato de aluminio y ácido fosfórico	0
M2_SA_AT	Sulfato de aluminio y ácido tartárico	3
M3_SA_AT	Sulfato de aluminio y ácido tartárico	4
M4_SA_AT	Sulfato de aluminio y ácido tartárico	2
M5_SA_AT	Sulfato de aluminio y ácido tartárico	1

Al obtener los resultados se logró observar cual es la dosificación adecuada para la eliminación de los residuos vegetales de la lana de oveja, se indica en la **Tabla 8**. En M1_SA_AF dio un color beige el cual al tacto no se desintegra por lo que no se podría limpiarla al momento de pasar por la carda, los colores más adecuados que esta tiene que presentar los residuos de color café oscuro, este se encontró en la M2_SA_AT, M3_SA_AT, M4_SA_AT y para finalizar se tiene la muestra M5_SA_AT esta presento un color negro en sus residuos vegetales, por lo que se muestra una mayor efectividad en la M3_SA_AT, dado que, con sus residuos vegetales carbonizados no afectaría el proceso.

Tabla 8

Resultados coloración

Nro. De Muestra	Beige	Café Oscuro	Negro
M1_SA_AF	x		
M2_SA_AT		x	
M3_SA_AT		x	
M4_SA_AT		x	
M5_SA_AT			x

3.3 Análisis de confiabilidad de los datos

3.3.1 Normalidad de datos del proceso de carbonizado

Tal como lo señala (Past, 2024) si el valor p es menos a 0.05, se puede concluir que la hipótesis de normalidad es inválida. En este caso, se toma en cuenta los métodos de Jarque-Bera JB se mostró valores confiables ya que son mayores a 0,05. Por lo tanto, se ha demostrado que en un 95% los resultados obtenidos son confiables.

Figura 9

Normalidad de datos

Tests for normal distribution

	S.A(%)	AF (%)	AT(%)	Agua (%)	CAR
N	5	5	5	5	5
Shapiro-Wilk W	0,8974	0,5522	0,9636	0,9442	0,9868
p(normal)	0,3958	0,000131	0,8327	0,6958	0,9672
Anderson-Darling A	0,2959	1,205	0,1917	0,2424	0,1436
p(normal)	0,4325	0,0007517	0,7837	0,5811	0,9196
p(Monte Carlo)	0,4885	0,0001	0,8748	0,6908	0,9896
Lilliefors L	0,2365	0,4726	0,1674	0,1916	0,1365
p(normal)	0,4774	0,0001	0,9209	0,7919	40,19
p(Monte Carlo)	0,4826	0,0001	0,9318	0,8289	0,9895
Jarque-Bera JB	0,5206	1,888	0,3613	0,3363	0,3521
p(normal)	0,7708	0,3891	0,8347	0,8452	0,8386
p(Monte Carlo)	0,5223	0,0001	0,7725	0,8057	0,7897

3.3.2 Análisis de varianza del carbonizado de lana de oveja

En este apartado se analizaron los valores de coeficiente de variación según se muestran en la **Figura 10**, se analizaron los valores obtenidos en el carbonizado de lana de oveja tanto el número de muestras en el cual se muestra un CV es de 13.97909%, el cual indica que tiene una dispersión moderada esto podría afectar la eliminación de residuos vegetales en la lana, se tiene un CV de 223,6068% en la valoración en la que evidencia una inconsistencia en la reacción química en las concentraciones de sulfato de aluminio y ácido en cuestión. Asimismo, se conoce CV de 79,05694% varía dependiendo el porcentaje de sulfato y ácido agregados en la solución.

Con estos datos se puede mejorar y añadir más números de muestra para lograr determinar con mayor precisión los resultados y disminuir una dispersión de resultados.

Figura 10

Análisis de varianza

Univariate statistics

	S.A(%)	AF (%)	AT(%)	Agua (%)	CAR
N	5	5	5	5	5
Min	1	0	0	54	0
Max	17	17	35	78	4
Sum	50	17	75	338	10
Mean	10	3,4	15	67,6	2
Std. error	3,193744	3,4	6,123724	4,226109	0,7071068
Variance	51	57,8	187,5	89,3	2,5
Stand. dev	7,141428	7,602631	13,69306	9,449868	1,581139
Median	10	0	15	66	2
25 prcntil	3	0	2,5	59,5	0,5
75 prcntil	17	8,5	27,5	76,5	3,5
Skewness	-0,1921953	2,236068	0,6085806	-0,4972311	0
Kurtosis	-2,238754	5	-0,1333333	-0,3255757	-1,2
Geom. mean	6,791623	0	0	67,0504	0
Coeff. var	71,41428	223,6068	91,28709	13,97909	79,05694

3.3.3. Discusión de resultados

Una vez recopilado los datos de los ensayos de laboratorio, estos fueron tabulados para sus análisis, se evaluó normalidad de los datos y su varianza de la tabla general de resultados, con el fin de garantizar datos confiables. Por otra parte, se presentan gráficos estadísticos que facilitan un análisis preciso de los hallazgos de la investigación, permitiendo realizar una comparación entre ellos.

En la **Tabla 9** se muestra los datos de los resultados obtenidos en el proceso de carbonizado de lana de oveja.

Tabla 9

Datos de carbonizado de lana

Nro. de muestra	CAR
M1_SA_AF	0
M2_SA_AT	3
M3_SA_AT	4
M4_SA_AT	2
M5_SA_AT	1

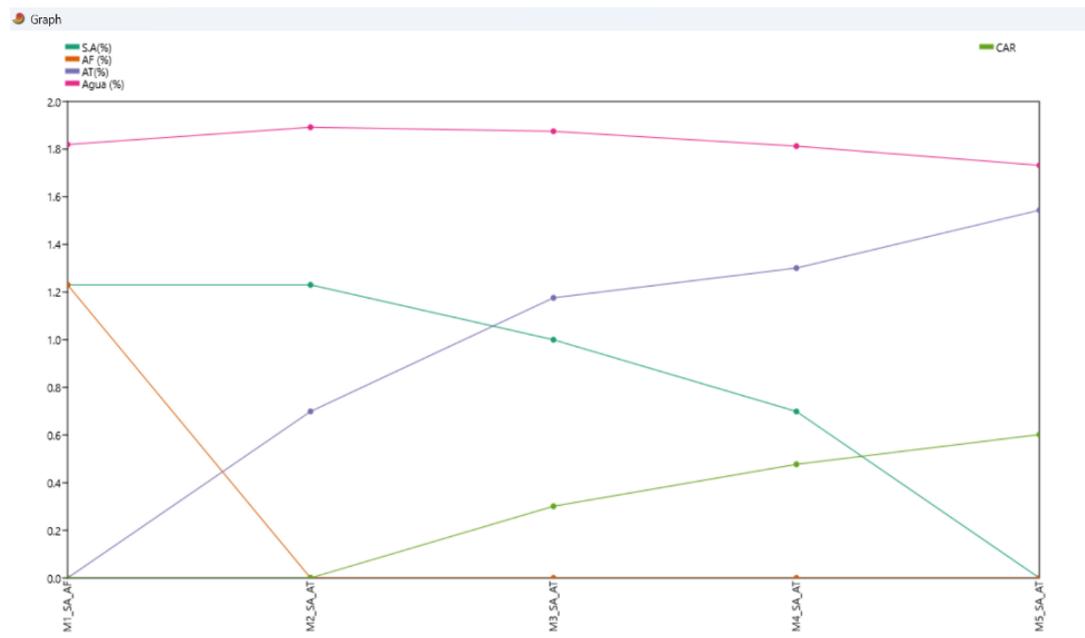
Como se muestra en **Figura 11** la mezcla de sulfato de aluminio y ácido fosfórico, no tubo cambios significativos ya que los residuos encontrados no fueron afectados y tenían la misma coloración de cuando se inició el proceso, por lo cual tuvo una calificación de 0.

Dado esto, se implementó una alternativa utilizando el ácido tartárico en donde se aplicó 5%, 15%,20% y 35% con estas dosificaciones se obtuvo resultados óptimos, se logró visualizar el cambio de color en los vegetales de la lana.

En comparación a la dosificación de sulfato de aluminio y ácido fosfórico se tuvo un carbonizado de la lana negativo en donde se determinó que la mejor formulación para realizar el proceso de carbonizado es la dosificación de sulfato de aluminio y ácido tartárico (M3_SA_AT), del cual se obtuvo resultados positivos con las dosificaciones asignadas.

Figura 11

Diagrama de barras de la tabla general de resultados



En la **Tabla 9** se presenta los resultados del carbonizado de lana de oveja. En la y la textura de lana de oveja es suave y sin ninguna textura grasa.

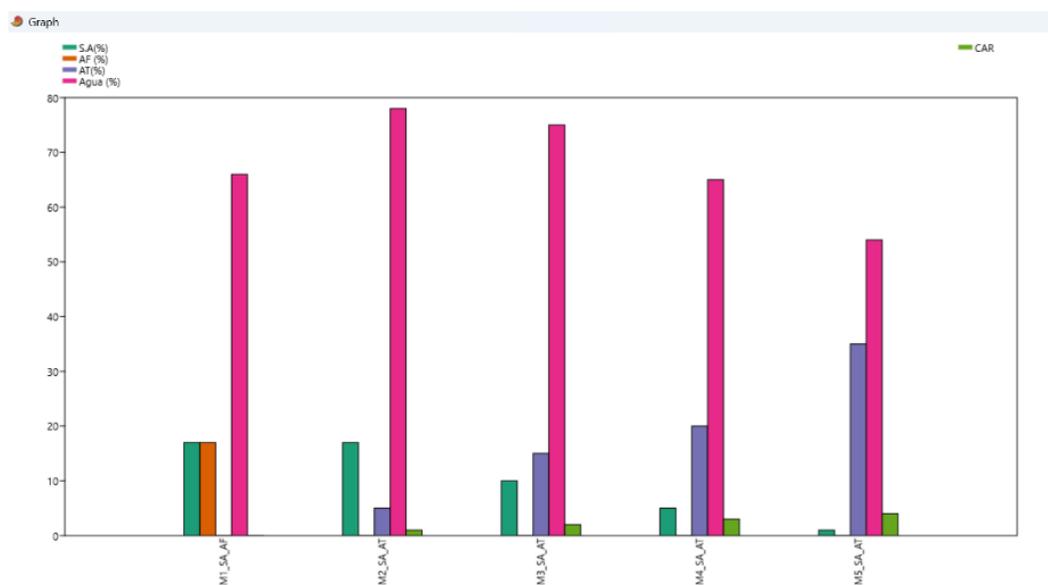
Figura 12 se muestra las cinco muestras realizadas para el carbonizado de lana de oveja, en donde se agrupa las diferentes concentraciones entre el sulfato de aluminio y ácidos. Se observa que la M1_SA_AF se utilizó sulfato de aluminio(17%) y ácido fosfórico (17%) no tiene cambios significativos en dicho proceso ya que no logra eliminar los residuos vegetales

de manera satisfactoria. Sin embargo, en la M5_SA_AT se aplicó sulfato de aluminio(1%) y ácido tartárico (35%) el carbonizado de lana es eficiente, en este caso la textura de lana es grasa posiblemente a que la solución de sulfato de aluminio y ácido tartárico está saturada. En la formulación de la M2_SA_AT la cual contiene una concentración de sulfato de aluminio (17%) y ácido tartárico (5%) en esta se mostró resultados positivos llegando a un carbonizado neutral, por ende, se formuló la M3_SA_AT que contiene sulfato de aluminio (10%) y ácido tartárico (15%), dando así un resultado favorable a esta investigación dando así un resultado óptimo , en el caso de la M4_SA_AT se utilizó sulfato de aluminio (5%) y ácido tartárico (20%) la muestra tiene la capacidad de realizar el proceso, sin embargo, presenta una textura grasa en la lana de oveja, debido a esto, no se tomará en cuenta como una de las mejores dosificaciones.

Con base en lo expuesto, se constata que la mejor dosificación para el carbonizado de lana de oveja es la M3_SA_AT los residuos vegetales se carbonizaron de manera eficiente y la textura de lana de oveja es suave y sin ninguna textura grasa.

Figura 12

Diagramas de barras de Carbonizado de lana de oveja



CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- A partir de la investigación bibliográfica, se recopiló información valiosa que resultó fundamental para realizar el proceso de carbonizado de lana de oveja. Esta sirvió como base para realizar la parte práctica, dando un amplio entendimiento sobre las propiedades de la lana y el uso adecuado de los diferentes químicos a empleados en dicha práctica.
- Durante el desarrollo de las primeras muestras, se utilizó diferentes concentraciones de sulfato de aluminio y ácido fosfórico, con el cual se llegó a un resultado negativo ya que no se logró la eliminación de las impurezas celulósicas de la fibra. Sin embargo, la información que se obtuvo fue importante ya se tomó en cuenta al ácido tartárico como sustitutivo para ser planteado en diferentes dosificaciones para el proceso.
- Una vez que la lana se deja secar sin realizar un centrifugado tanto el sulfato de aluminio, ácido fosfórico y ácido tartárico en la fibra tiene una parte negativa en la muestra M4_SA_AT se logró apreciar esta resultado al tacto con un aspecto grasoso ya que no tuvo un proceso de secado adecuado. No obstante, al realizar el centrifugado en una segunda muestra esta dio un resultado favorable al secado de las muestras.
- Al sustituir el ácido fosfórico por el ácido tartárico para el proceso de carbonizado de lana, se logró obtener resultados positivos ya que la mejor dosificación fue la de la M3_SA_AT, logrando carbonizar los residuos vegetales de la lana con las concentraciones de sulfato de aluminio (10%) y ácido tartárico (15%). Por lo tanto, se logra destacar y mejorar la eficiencia de eliminación de

residuos vegetales logrando una conversión en ceniza para que la eliminación de estos sea eficiente y mejora el tratamiento de lana de oveja.

Recomendación

- Se recomienda utilizar diferentes dosificaciones de los dos productos químicos utilizados, ya que la concentración de sulfato de aluminio y ácido fosfórico no mostró cambios significativos, lo que afecta al proceso de carbonizado de lana de oveja. Como alternativa, se sugiere investigar más sobre químicos que tengan propiedades adecuadas y sea sostenible para poder realizar un adecuado proceso de carbonizado de lana.
- Por lo cual es recomendable analizar de manera detallada cada una de las concentraciones que fueron utilizadas con el ácido tartárico, se deberá tomar en cuenta lo que son tiempos de absorción, temperatura del carbonizado de lana de oveja. Se debe tener en cuenta estos parámetros son importantes para tener una buena calidad de carbonizado de lana de oveja.
- Se recomienda indagar en cuál de los otros procesos existentes se puede realizar el carbonizado de lana de oveja, como puede ser el rociado, para lograr evaluar que tan efectivo puede ser en la eliminación de impurezas celulósicas.

Referencia Bibliografía

- Abreu, J. L. (2015). Análisis al Método de la Investigación Analysis to the Research Method. Daena: International Journal of Good Conscience, 10(1), 205–214.
- Ácidos y Solventes, S. A. De C. V. (2019). Ácido fosfórico al 85%. 1–6.
- Arévalo, G. (2019). Experimentación con tintes naturales en fibras de Llama. 1–38.
- Bugaders, G. De T. I. (2020). Procesos Textiles | textiles. Blog, I, 1.
- Carrillo, J. A. ; y Salgado, G. (2017). “Implementación de un sistema de lavado de lana en el laboratorio de fibras y lana de la facultad de ciencias pecuarias” trabajo. Universitas Nusantara PGRI Kediri, 01, 1–7.
- Duarte, J. (2016). Ácido fosfórico. 8, 265–284. <https://doi.org/10.12816/0043398>
- Ecuatoriana, n. T. (2018). Quito - Ecuador etiquetado de precaución .
- Flores, T. D. I. (2011). Elaboración de una guía didáctica virtual para los procesos de hilatura de fibras largas. Universidad Técnica Del Norte, Capítulo I, 49–72.
- Gómez, T. (2009). Cadena productiva de lana de oveja en el sector textil y de confecciones. Revista de La Facultad de Ingeniería Industrial, 12(2), 77–80.
- Hernández, G. (2017). Método Analítico. Universidad Autónoma Del Estado de Hidalgo (UAEH), 2–11.
- Landero, D. Del C. (2021). Investigación experimental y no experimental. Pharmacognosy Magazine, 75(17), 399–405.
- Martínez, I. Y Reyes, D. Y Rosero, F. (2011). La Constituyente. Alteridad, 2(2), 74. <https://doi.org/10.17163/alt.v2n2.2007.04>
- Matos, A. (2020). Investigación Bibliográfica: Definición, Tipos, Técnicas. Lifeder, 1–4.
- Molina, M. (2017). Ficha de datos de seguridad Ficha de datos de seguridad. Carl Roth, 2(1907), 2–7.
- Neill, D. A. Y Cortez, S. L. (2018). Procesos y fundamentos de la investigación científica.
- Obando, R. E. (2013). “Tintura Alternativa En Hilos De Lana Con Colorantes Naturales.” Tesis, 128.

- Ospina, D. (2020). Ficha técnica del sulfato de aluminio. Distribuidora de Químicos Industriales, 10, 10–11.
- Past. (2024). Reference Manual Reference Manual. Technology, 1(November), 720–766.
- Pérez, T. S. I. (2022). Comparación de dos productos químicos desengrasantes versus un natural, en el lavado de lana ovina. 1–86.
- Pita, S. Y S, P. (2002). Investigación cuantitativa y cualitativa. Investigación: Investigación Cuantitativa y Cualitativa. Www.fisterra.com
- Potosí, S. M. R. (2023). Universidad técnica del norte.
- Relubquím. (2023). Sulfato de aluminio.
- Relubquím. (2024a). Ácido Fosfórico. 683.
- Relubquím. (2024b). Ácido Tartárico. 2.
- Riva, J. (2022). Tratamientos de la lana en medio acuoso: problemas generales y parámetros a controlar. Boletín INTERTER 1993 N° 103.
- Rodríguez, F. (2017). Generalidades acerca de las técnicas de investigación cuantitativa. Paradigmas: Una Revista Disciplinar de Investigación, 2(1), 9–39.
- Ruiz, L. J. (2022). Investigación Costos. 1–14.
- S D, S. A. (2011). Sulfato de aluminio. Sidesa, 52 55, 1–12.
- Talens, O. P. (2020). Determinación experimental de densidad y porosidad en alimentos sólidos y líquidos. Universidad Politecnica de Valencia, 1–7.
- Yandún, L. A. J. (2023). Aplicación de un acabado con miel de abeja para mejorar la recuperación al doblar y arrugas en tejido plano 100% algodón.
- Yar, M. J. A. (2019). Análisis Comparativo Entre Un Filtro De Lana Y Uno De Acetato De Celulosa Para Retener El Co₂ Y Co. Universidad Técnica Del Norte, 9.
- Zuñiga, J. A. (2011). “Evaluación de tres niveles de sulfato de cromo en la fijación de anilina para tinturar lana de ovinos.” Escuela de ingeniería en industrias pecuarias, 53(9), 167–169.

ANEXOS

Anexo 1

Ficha Técnica de Sulfato de Aluminio



CERTIFICADO DE ANÁLISIS

PRODUCTO: SULFATO DE ALUMINIO
LOTE No: 5230313
Fecha de Producción: 13 – 03 – 2023
Fecha de Caducidad: 13 – 03 – 2025

ESPECIFICACIONES

Basicidad % Al ₂ O ₃ 0,05 min	Insolubles (%) 0,1 max.	Apariencia Gránulos blancos o ligeramente amarillos	Al ₂ O ₃ (%) 17 min	Fe ₂ O ₃ (%) 0,008 max	Granulometría		
					Pasa tamiz 4	Pasa tamiz 10	Pasa tamiz 100
0,48	0,08	Blancos	17,1	0,007	100	Cumple	Cumple

QUÍMICOS EXPORTACIONES
E IMPORTACIONES
RELUBQUIM CIA. LTDA.
Ing- Ronney Reza
CONTROL DE CALIDAD
ANALISTA RESPONSABLE

Anexo 2

Ficha Técnica de Ácido Fosfórico



CERTIFICADO DE ANÁLISIS

PRODUCTO: ACIDO FOSFORICO
LOTE No: WFPPA24-5-0422-6
FECHA DE PRODUCCIÓN: 30 – 05 – 2024
FECHA DE CADUCIDAD: 29 – 05 – 2026

CERTIFICADO

PARAMETROS	UNIDAD	ESPECIFICACION	RESULTADO
Color	-	20 MAX	5
H ₃ PO ₄	%	85 MIN	85,1
Cl ⁻	ppm	5 MAX	1
(SO ₄) ²⁻	ppm	50 MAX	45
F	ppm	10 MAX	6
Fe	ppm	10 MAX	3
Metales pesados como Pb	ppm	3 MAX	2
Cd	ppm	3 MAX	1
As	ppm	0,5 MAX	< 0,5
Cu	ppm	1 MAX	1
P ₂ O ₅	%	61,5 MIN	61,8
Densidad	-	1,683 MIN	1,683

QUÍMICOS EXPORTACIONES
E IMPORTACIONES
RELUBQUIM CÍA. LTDA.
Ing. Ronney Reza
CONTROL DE CALIDAD
ANALISTA RESPONSABLE

QUIMICOS
EXPORTACIONES E
IMPORTACIONES
RELUBQUIM CÍA. LTDA.
www.relubquim.com.ec

MATRIZ:
Av. Eloy Alfaro N59-72 y
Juan Molineros
2479 061 / 2483 150

SUCURSAL:
Avellanas E4-09 y Eloy
Alfaro
2800 207 / 2480 412

Anexo 3

Ficha Técnica de Ácido Tartárico



CERTIFICADO DE ANÁLISIS

PRODUCTO: ACIDO TARTARICO
LOTE: AB2401010
FECHA DE PRODUCCIÓN: 25 - 01 - 2024
FECHA DE CADUCIDAD: 24 - 01 - 2026

ESPECIFICACIONES

PARÁMETRO	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO
Pureza	%	$\geq 99,5$	99,77
Punto de fusión	°C	200 - 206	201,1 - 204,1
Pérdida por secado	%	$\leq 0,5$	0,16
Residuos en ignición	%	$\leq 0,1$	0,04
Sulfato (SO ₄)	%	$\leq 0,04$	< 0,04
Metales pesados (Pb)	mg/Kg	10	< 10
As	mg/Kg	2	< 2

QUÍMICOS EXPORTACIONES
E IMPORTACIONES
RELUBQUIM CÍA. LTDA.
Ing- Ronney Reza
CONTROL DE CALIDAD
ANALISTA RESPONSABLE

QUIMICOS
EXPORTACIONES E
IMPORTACIONES
RELUBQUIM CÍA. LTDA.
www.relubquim.com.ec

MATRIZ:
Av. Eloy Alfaro N59-72 y
Juan Molineros
2479 061 / 2483 150

SUCURSAL:
Avelianas E4-09 y Eloy
Alfaro
2800 207 / 2480 412